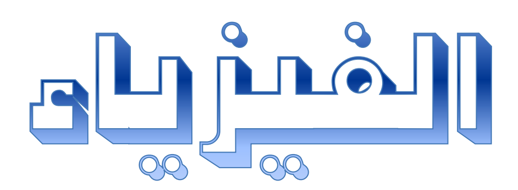
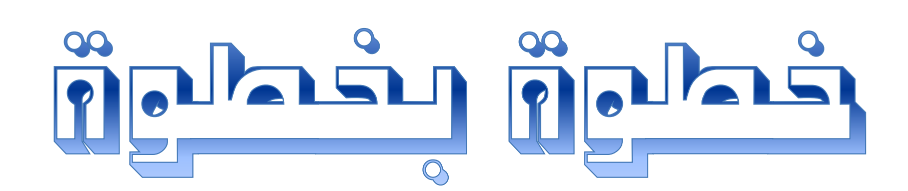
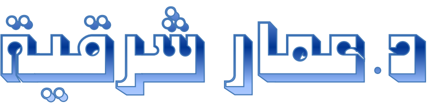




Physics step by step





الفيزياء خطوة بخطوة

د.عمار شرقية

سوريا-حمص

0962635946

Plant.kingdom1111@gmail.com

المزيد من المؤلفات للكاتب:

https://archive.org/details/@ash790

بسم الله الرحمن الر حيم

وقف لله تعالى

اسأل الله العظيم رب العرش العظيم أن يتقبله من عبده الوضيع السافل الدنيء الحقير الفقير إلى رحمته و مغفرته و عفوه و فضله و عافيته تعالى

شأن الكتاب الشريف في عصور الانحطاط أن يصبح بضاعةً مزجاة كاسدة


شأن الكتاب الشريف في عصور الانحطاط أن يصبح بضاعةً مزجاة كاسدة

الإهداء

إلى روح أمي التي رحلت إلى الأبد من عالمنا اثناء عملي على هذا الكتاب ...
اللهم إنك عفوٌ كريم تُحب العفو فاعفو عنها يا الله.



هذا الكتاب جزءٌ من سلسلة تعليمية بدأت كتابتها منذ سنوات طويلة و تشمل الدارات الإلكترونية و اللغة الإنكليزية و الرياضيات و الفيزياء و الكيمياء و قد قمت بتجربتها على أشخاص يصفون أنفسهم بأنهم غير قابلين لفهم المواد العلمية فكانت نتيجة استيعابهم لهذه المواد تتراوح ما بين 50 و 75% بعد أن كانت صفراً .
إن الكتب العلمية المختلفة بشكلها المدرسي و الجامعي و الأكاديمي و المرجعي المتقعر المطلسم المكرر هي من أرخص العلوم أما الشروحات الحقيقية المبسطة و الملاحظات الثمينة التي توضع عليها فهي أغلى من الذهب الخالص و لا أدل على ذلك من أجور الدروس الخصوصية و رسوم المدارس الدولية و مدارس اللغات و المدارس الخاصة.

كل كتاب علمي مجرد من البعد الإنساني ؛كل كتابٍ علمي مجردٌ من صلة الوصل الإنسانية ما بين المادة العلمية الباردة الجافة و القارئ الذي سوف يتلقى ذلك العلم – كل كتابٍ علمي لا تجد فيه ذلك التفاعل الإنساني ما بين كاتبه و المادة العلمية؛ كل كتابٍ علمي لا تجد فيه أثراً و تأثيراً و وجوداً فعلياً لكاتبه ؛ كل كتابٍ علمي لا يضيف أي جديدٍ إلى طريقة فهم تلك المادة العلمية هو بحق كتابٌ عديم القيمة.
و الله و حده و لي الحمد و التوفيق

الطاقة

الطاقة هي المقدرة على جعل شيءٍ ما يحدث.
الطاقة قابلةٌ للتخزين.
الطاقة قابلةٌ للنقل و التحويل من شكلٍ لآخر.
تُقاس الطاقة بوحدة الجول (J) joule و من مضاعفاتها الكيلو جول kilojoules
كل واحد كيلو جول تساوي ألف جول kJ = 1000 J

أشكال الطاقة
طاقة الجاذبية الكامنة Gravitational potential energy
عندما يركل لاعب كرة القدم الكرة فإنها تأخذ في الارتفاع طالما أن قوتها أكبر من قوة الجاذبية الأرضية ، و في اللحظة التي تتساوى فيها قوة اندفاعها مع قوة الجاذبية الأرضية فإنها تثبت بشكلٍ لحظي في الفضاء و عندما تُصبح قوة اندفاعها أدنى من قوة الجاذبية الأرضية فإنها تبدأ في السقوط الحر نحو الأرض.
كل قوةٍ مضادة لقوة الجاذبية الأرضية تؤدي إلى تشكل قوةٍ كامنة.

الطاقة المرنة الكامنة Elastic potential energy و هي الطاقة التي يتم اختزانها في المواد المرنة مثل القوس التي ترمي السهام و المنجنيق الذي يرمي الحجارة.
الطاقة الذرية و هي الطاقة المُختزنة في الذرة.
الطاقة الهيدروليكية و هذه الطاقة تعتمد على طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة.

الطاقة الشمسية
محطات الطاقة الشمسية

تتألف محطة الطاقة الشمسية من عددٍ كبيرٍ من المرايا الضخمة التي تنتظم على شكلٍ دائري حول مركزٍ و تقوم بتركيز الطاقة الشمسية في مركزها حيث تستخدم هذه الطاقة الحرارية المركزة في تشغيل توربينات بُخارية تقوم بتوليد الكهرباء.

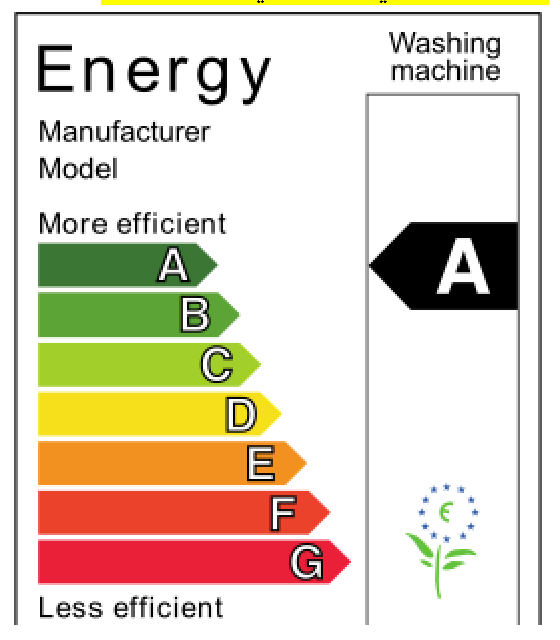
كفاءة تحويل الطاقة

تحدث معظم ضياعات الطاقة على شكل احتكاكٍ ميكانيكي أو انبعاثاتٍ حرارية تنتج عن المقاومة الكهربائية.
ملصقات كفاءة تحويل الطاقة energy-efficiency labels

تُبين مُلصقات درجة كفاءة الأجهزة درجة كفاءة الجهاز في تحويل الطاقة و نسبة ضياعات الطاقة في تلك الأجهزة .

المرتبة A تكون الأفضل في حفظ الطاقة.

المرتبة G هي الأسوأ في حفظ الطاقة.



تُصدر جميع الأجسام أشعةً تحت الحمراء غير أنه كلما كان الجسم أكثر حرارةً كان إصداره للأشعة تحت الحمراء أكبر .

تُصدر الأجسام الحارة مقداراً أكبر من الأشعة تحت الحمراء.

السطوح السوداء اللون تكون أكثر مقدرةً على امتصاص و إصدار الأشعة تحت الحمراء من السطوح البيضاء و اللامعة.

يًمكن مشاهدة انبعاث الأشعة تحت الحمراء من الأجسام المختلفة باستخدام كاميراتٍ حرارية Thermal camera حيث تُظهر الكاميرا الحرارية الجسم الذي تقوم بتصويره بتدرجاتٍ لونية متوهجة و يختلف لون كل جزءٍ من أجزاء الصورة تبعاً لدرجة حرارته.

تكون السطوح السوداء اللون و الغير لامعة أكثر مقدرةً على امتصاص و إصدار الأشعة تحت الحمراء من السطوح البيضاء اللامعة.

.





الطاقة الحركية (KE) وطاقة الجاذبية الأرضية الكامنة (GPE)

تُقاس الطاقة الحركية kinetic energy بوحدة الجول(J)

الطاقة الحركية(جول)= $\frac{1}{2}$ ×الكتلة(كيلو غرام) × مربع السرعة (متر\ثانية)^2

$J= \frac{1}{2} \times kg \times (m/s)^2$

كلما كان الجسم المتحرك أكبر كتلةً أو أعلى سرعةً كانت طاقته الحركية أكبر.

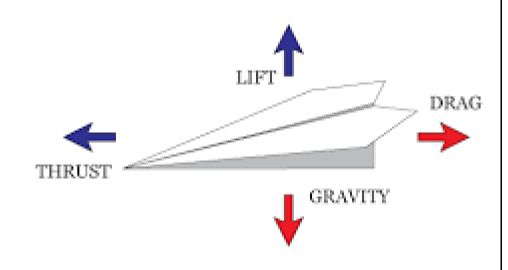
كلما كان الجسم أكثر ارتفاعاً (عن سطح الأرض) أو أكبر كتلةً كان مخزونه من طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة أكبر.

عندما تتدحرج كرة من أعلى جبل فإن طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة فيها تتحولُ إلى طاقةٍ حركية.

الطاقة الحركيةKinetic energy

طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة gravitational potential energy

مسألة



طائرة ورقية تبلغ كتلتها 7 غرام و تتحرك بسرعة 22 m/s متر في الثانية .

احسب مقدار طاقتها الحركية.

نطبق قانون الطاقة الحركية

الطاقة الحركية(جول)= $\frac{1}{2}$ ×الكتلة(كيلو غرام) × مربع السرعة (متر\ثانية)^2

$$J=\frac{1}{2}\times kg\times (m/s)^2$$

الكتلة في المسألة أي كتلة الطائرة 7 g غرام بينما الكتلة معطاة في المعادلة بوحدة الكيلو غرام و لذلك لا بد من تحويل 7 غرام إلى قيمة مماثلة بوحدة الكيلو غرام :

بما أن كل 1 كيلو غرام يساوي 1000 غرام فإن 7 غرام تساوي :

$$7/1000=0.007\ kg$$

أي أن 7 غرام تساوي 7 بالألف من الغرام.

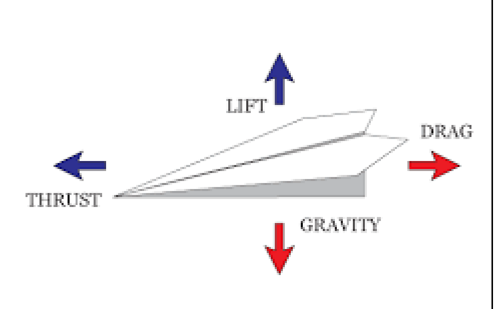
الآن نستبدل الرموز بالقيم الرقمية المتوفرة:

الطاقة الحركية(جول)= $\frac{1}{2}$ ×الكتلة(كيلو غرام) × مربع السرعة (متر\ثانية)^2

$$J=\frac{1}{2}\times kg\times (m/s)^2$$

$$J=\frac{1}{2}\times 0.007\ kg\times (22)^2=1.694\ J$$

الطاقة الحركية تبلغ 1.694 J جول.



لإجراء العمليات الحسابية على الكسر $\frac{1}{2}$ فإننا نقوم بتحويله إلى الرقم العشري المكافئ 0.5

طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة
gravitational potential energy (GPE)

عندما يرتفع جسمٌ ما فإن الطاقة التي استخدمت في رفع ذلك الجسم يتم تخزينها في ذلك الجسم بعد رفعه على شكل طاقة جاذبية أرضية كامنة **(GPE)** وفق المعادلة التالية :
التغير في طاقة الجاذبية الأرضية مقاساً بوحدة الجول يساوي الكتلة (كيلو غرام) ×قوة حقل الجاذبية الأرضية (مُقاساً بالنيوتن /الكيلو غرام) ×تغير الارتفاع.

$\Delta GPE=kg\times g\times\Delta m$

$\Delta J=kg\times g\times\Delta m$

حيث أن الحرف الإغريقي دلتا Δ يعني (معدل التغير) .
معدل التغير في الطاقة الحركيةΔ (بوحدة الجول)=الكتلة(كيلو غرام) ×قوة حقل الجاذبية الأرضيةg ×معدل تغير الارتفاع بالمتر.
Δ= معدل التغيير
تبلغ قوة الحقل المغناطيسي g على الأرض 10 نيوتن /كيلو غرام
10 N/kg
تبلغ قوة الحقل المغناطيسي g على القمر نحو 1.7 نيوتن /كيلو غرام و تحديداً فإنها تبلغ سدس قوتها على الأرض .
1.7 N/kg

كيس إسمنت تبلغ كتلته 50 kg كيلو غرام تم رفعه للأعلى بواسطة حبل لارتفاع 25 m متر كم اكتسب ذلك الثقل من طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة عندما تم رفعه إلى تلك المسافة؟
نطبق معادلة حساب معدل التغير في طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة:
التغير في طاقة الجاذبية الأرضية مقاساً بوحدة الجولΔJ يساوي الكتلة (كيلو غرام) ×قوة حقل الجاذبية الأرضيةg مُقاساً بالنيوتن /الكيلو غرام ×تغير الارتفاع (بالمتر)Δm .

$\Delta GPE=kg\times g\times\Delta m$

$\Delta J=kg\times g\times\Delta m$

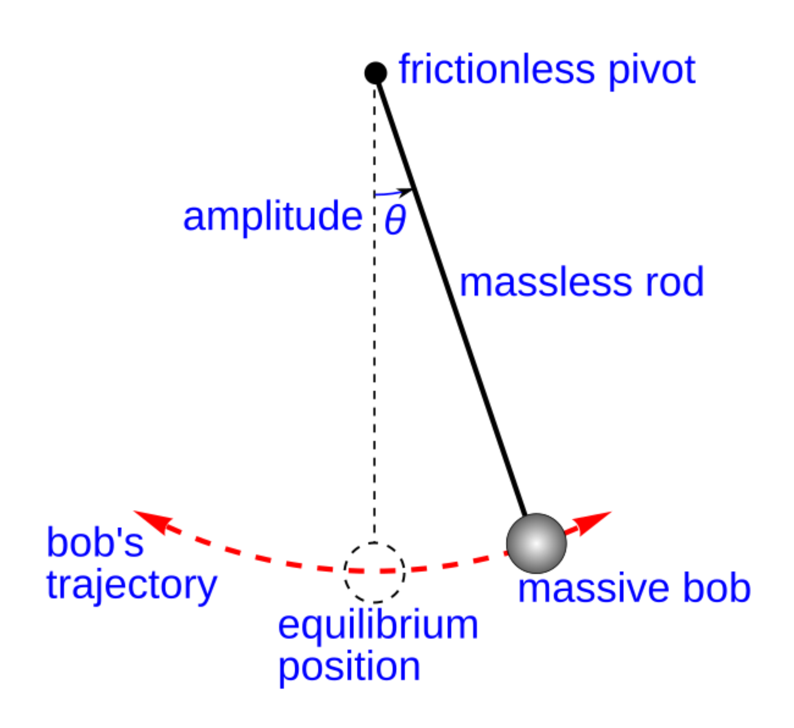
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$\Delta J=50\ kg\times 10\times 25m=12500\ J$

$\Delta J=12500\ J$

إذاً فإن معدل التغير في طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة ΔGPE يبلغ 12500 J جول.

Conservation of energy مصونية الطاقة

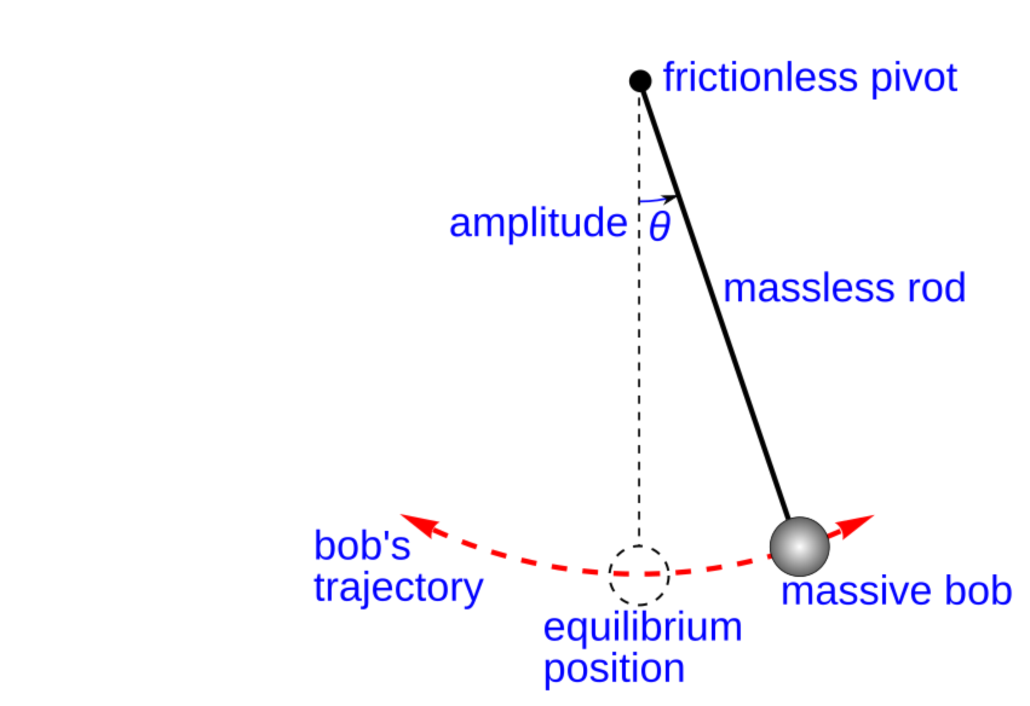


pendulum حركة البندول

يتحرك البندول جيئةً و ذهاباً حركة منتظم في كلا الاتجاهين و نظراً لحركة البندول المنتظمة التي تستغرق دائماً الوقت ذاته فإنه يُستخدم كعنصر توقيت في الساعات الميكانيكية.

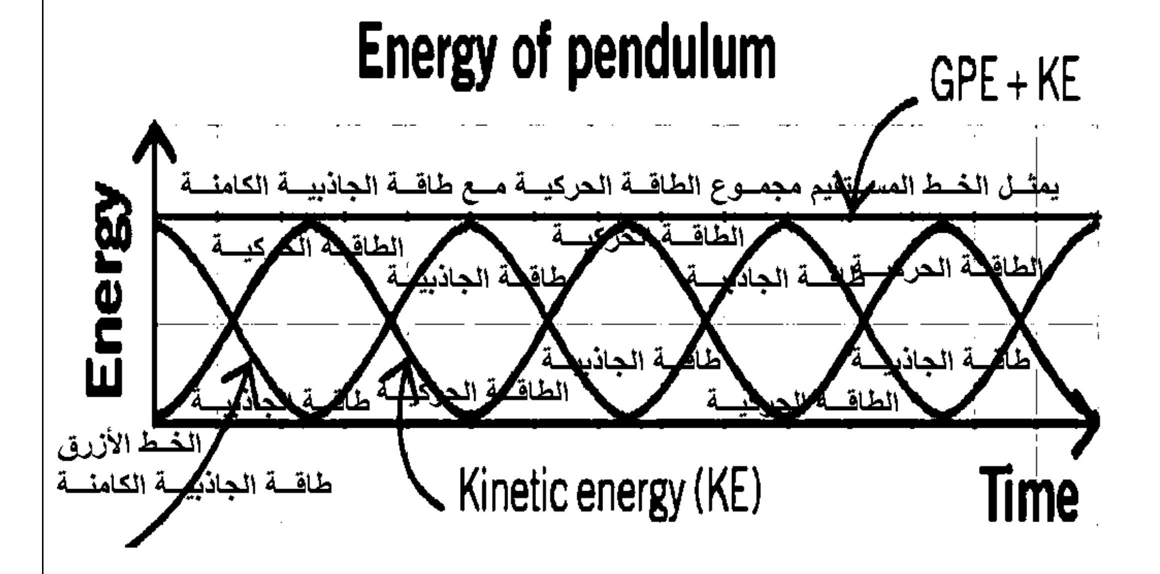
يتأرجح البندول في حركته إلى كلا الاتجاهين .

عندما يصل البندول إلى أقصى حدٍ له في الجهة الأولى (اليمنى مثلاً) فإنه يكون قد اكتسب حداً أقصى من طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة GPE أي أن الطاقة الحركية تتحول في النقطة القصوى إلى طاقة جاذبيةٍ أرضية كامنة، و بما أنه لا يُمكن في الأحوال الاعتيادية أن يبقى البندول مُعلقاً في الفضاء بينما هو مائلٌ إلى تلك الدرجة العليا القصوى فإن طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة التي قام باكتسابها لا تلبث أن تتحول إلى طاقةٍ حركية kinetic energy (KE)و بذلك فإنه يتحرك نحو الجهة المعاكسة بتأثير تلك القوة الحركية حتى إذا وصل إلى أقصى نقطة يُمكنه بلوغها من الجهة الأخرى فإنه يكتسب طاقة جاذبية أرضية كامنة أي أن الطاقة الحركية تتحول عند تلك النقطة القصوى إلى طاقة جاذبية أرضية كامنة لا تلبث أن تتحول مجدداً إلى طاقةٍ حركية تُمكن البندول من التحرك إلى الجهة المعاكسة و هكذا.

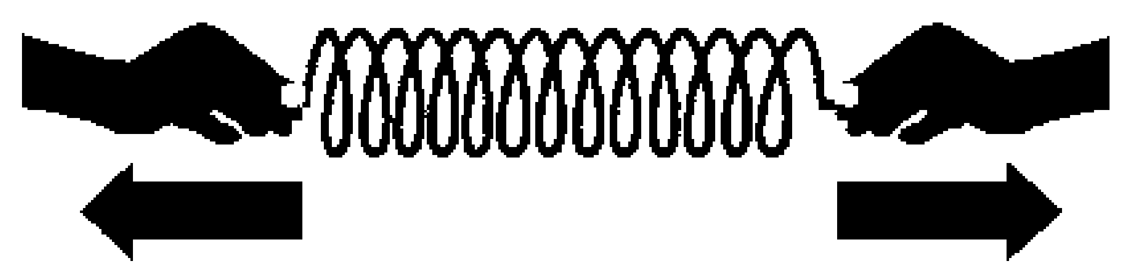


طبعاً لا يُمكن للبندول أو الرقاص أن يستمر في حركته إلا ما لا نهاية لأنه يتعرض لشكلين على الأقل من أشكال ضياع الطاقة و هما الاحتكاك الميكانيكي عند محور دورانه أو المحور الذي تم تعليق خيط البندول به و احتكاك البندول مع الهواء.

و إذا قمنا بتمثيل كلٍ من الطاقة الحركية و طاقة الجاذبية الأرضية الكامنة بشكلٍ بياني فإننا سوف نحصل على موجتين جيبيتين متعاكستين متداخلتين و إذا جمعنا هاتين الموجتين مع بعضهما البعض فإننا نحصل على خطٍ مستقيم .



عند الضغط على مكابح الدراجة فإن الإحتكاك ما بين المكابح و العجلة تقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقةٍ حرارية .



عندما يتم جذب نابضٍ من طرفيه فإن النابض يكتسب طاقةً مرنة كامنة.

العمل

العمل (بوحدة الجول J) =القوة (نيوتنN)×المسافة (مترm)

J= N×m

J Nm (جي إن إم) عملية ضرب

تقاس الاستطاعة بالواط .

كل واحد واط W يساوي مقداراً من الطاقة مقداره جول joule واحد يتم نقله في الثانية الواحدة .

بمعنى أن كل واحد واط يساوي جول واحد × ثانية واحدة .

و بالتالي فإن الاستطاعة (مقاسةً بالواط) تُساوي :

الطاقة المنقولة (مقاسةً بوحدة الجول) J مقسومةً على الزمن(ثانية) .

WATT(W)=J/S

WATT(W)=J÷S

$$\text{الاستطاعة (واط)} = \frac{\text{الطاقة(جول)}}{\text{الزمن(ثانية)}}$$

$$Watt= =\frac{JOULE}{S}$$

$$W=\frac{J}{S}$$

بما أن كل واحد واط يساوي جول واحد × ثانية واحدة .

فإن الاستطاعة (مقاسةً بالواط) تُساوي الجول J مقسوماً على الزمن(ثانية) .

شخص يبلغ وزنه 1000 نيوتن يستطيع أن يتسلق مسافة 5 أمتار في 8 ثواني .

كم من الطاقة تم تحويلها في تلك العملية ؟

كم تبلغ قوة ذلك الشخص؟

نستخدم المعادلة

work = force × distance

العمل=القوة×المسافة

J=N×D

JND جي إن دي

الطاقة (جول)J =القوة(نيوتن)N ×المسافةD (متر).

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

J=1000N×5m

$1000 \times 5 = 5000\ J$

تم نقل 5000 J جول من الطاقة.

حساب قوة أو استطاعة ذلك الشخص .

$$\text{الاستطاعة (واط)} = \frac{\text{الطاقة(جول)}}{\text{الزمن(ثانية)}}$$

$$Watt = \frac{JOULE}{S}$$

$$W = \frac{J}{S}$$

$$W = \frac{5000\ J}{8S}$$

استطاعة أو قوة هذا الشخص بالواط = 5000 جول (الطاقة التي يبذلها) مقسومة على الزمن و هو 8 ثواني :

$5000\ J/8 = 625\ W$

625 واط .

فرن تبلغ استطاعته 2000 W واط قام بالعمل لمدة 5 دقائق .

احسب مقدار الطاقة التي قام هذا الفرن باستخدامها.

نُعيد ترتيب معادلة الاستطاعة بحيث نجعل موضوعها و غايتها حساب الطاقة(جول).

بما أن هذه المعادلة تتعامل مع الزمن بوحدة الثانية فلا بد من تحويل الدقائق إلى ثواني :

$5 \times 60 = 300\ s$

5 دقائق × 60 ثانية =300 ثانية.

$$\text{الاستطاعة (واط)} = \frac{\text{الطاقة(جول)}}{\text{الزمن(ثانية)}}$$

$$Watt = \frac{JOULE}{S}$$

$$W = \frac{J}{S}$$

$J = W \times S$

الطاقة(جول)=الاستطاعة(واط)×الزمن(ثانية)

JWS جوس (علاقة ضرب)

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$J = 2000W \times 300S$

$2000W \times 300S = 600000\ J$

600000 J جول

و بالطبع فإن العلاقة $J = W \times S$

الطاقة(جول)=الاستطاعة(واط)×الزمن(ثانية)

هي علاقةٌ طبيعية جداً لأن كل واحد جول يساوي واحد واط في الثانية الواحدة .

و كذلك حال العلاقة :

$$\text{الاستطاعة (وات)} = \frac{\text{الطاقة(جول)}}{\text{الزمن(ثانية)}}$$

$$Watt= =\frac{JOULE}{s}$$

$$W=\frac{J}{s}$$

فبما أن الطاقة(جول) تساوي الاستطاعة (وات) × الزمن

$$\text{فإن الاستطاعة (وات)} = \frac{\text{الطاقة(جول)}}{\text{الزمن(ثانية)}}$$

$A=B\times C \rightarrow B=A/C$

$8=2\times 4 \rightarrow 2=8/4$



استطاعة محرك الصاروخ

حتى يتمكن صاروخٌ ضخم من أن يُفلت من الجاذبية الأرضية و يصل إلى المدار فإنه يحتاج إلى محركٍ تبلغ قوته 60 gigawat غيغا وات أي 60 مليار وات .

6.000 000 000 W

للتعبير عن الرقم السابق على شكل قوة نعد الخانات ابتداءً من الجهة اليمنى و لغاية الفاصلة أو النقطة.

لماذا نقوم بالعد من الجهة اليمنى؟

لأن هذا الرقم رقمٌ صحيح و ليس رقماً عشرياً (أقل من العدد واحد).

لدينا 9 خانات أي 9 أعداد ما بين الجهة اليمنى و الفاصلة (النقطة) و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الإيجابية التاسعة 10^9 ثم نضربه بالأعداد أو العدد الغير صفري و كما ترون فإن لدينا في هذا الرقم عددٌ واحدٌ غير صفري هو العدد 6 :

$6\times 10^9=6.000\ 000\ 000$

السرعة

في اللغة الإنكليزية لدينا كلمتين تدلان على السرعة و هما كلمة Speed و كلمة velocity
غير أن هاتين الكلمتين لا تحملان المعنى ذاته .
فكلمة Speed تعني (السرعة الغير موجهة) و هي تدل على مدى سرعة تحرك جسمٍ ما أي المسافة التي يقطعها جسمٌ ما خلال مدةٍ معينة من الزمن بغض النظر عن اتجاه حركته و تقاس هذه السرعة الغير موجهة بالمتر في الثانية أو الكيلو متر في الساعة.
لا يُشير مصطلح (السرعة الغير موجهة) أبداً إلى اتجاه الحركة و لذلك فإن هذا المصطلح يشير إلى كمية عددية scalar quantity.
أما كلمة velocity فتعني (السرعة الموجهة) و تعني مدى سرعة تحرك جسمٍ ما في اتجاهٍ ما و لذلك فإن هذه الكلمة تشير إلى جهة التحرك vector.
يعتمد قياس السرعة على عاملين اثنين هما الزمن و المسافة.

معدل السرعة يساوي إجمالي المسافة المقطوعة مقسومةً على إجمالي الزمن.
السرعة اللحظية Instantaneous speed و تشير إلى مدى سرعة جسمٍ ما خلال نقطةٍ ما من الزمن.

معدل السرعة(متر\ثانية) $=\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}}$

معدل السرعة $=\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}}$

أكمل حصان جريه في مضمارٍ يبلغ طوله 900 m متر في 10 ثواني .
كم يبلغ معدل سرعة هذا الحصان؟

معدل السرعة(متر\ثانية) $=\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}}$

معدل السرعة $=\frac{900\text{ m}}{10\text{ s}}$

$\frac{900\text{ m}}{10\text{ s}}=90\text{ m/s}$

90 متر\ثانية معدل سرعة هذا الحصان .

تحركت سيارة لمدة 44 ثانية بسرعة وسطية تبلغ 60 متر في الثانية .
ما هي المسافة التي اجتازتها السيارة خلال تلك المدة بتلك السرعة؟
نستخدم المعادلة التي مرت معنا سابقاً :

معدل السرعة(متر\ثانية) $=\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}}$

و لكننا نُعيد ترتيب المعادلة السابقة بحيث نجعل غايتها و موضوعها حساب المسافة الكلية :
المسافة الكلية=معدل السرعة ×الزمن الكلي
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :
المسافة الكلية= $44\text{ s}\times 60\text{ m/s}$

44×60=2640 m

المسافة الكلية التي قطعتها هذه السيارة تبلغ 2649 m متر.

نُعيد ترتيب المعادلات و العلاقات بحيث نجعل من مجهول المعادلة و مجهول المسألة موضوعاً للمعادلة أي العنصر الذي لا يدخل في عمليات المعادلة و إنما فإن العمليات الجارية في المعادلة تهدف لاكتشافه.

معدل السرعة(متر\ثانية) = $\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}}$

معدل السرعة=المسافة الكلية\الزمن الكلي.

معدل السرعة=المسافة الكلية÷الزمن الكلي.

المسافة الكلية÷الزمن الكلي= معدل السرعة

لدينا عملية قسمة اعتيادية

جعلنا من مجهول المسألة أي (المسافة الكلية) موضوعاً و مطلوباً للمعادلة من خلال تحويل عملية الضرب إلى عملية قسمة و ذلك من خلال ضرب نتيجة عملية القسمة (معدل السرعة) بالمقسوم عليه (الزمن الكلي) لأنه معلوم:

المسافة الكلية=معدل السرعة ×الزمن الكلي

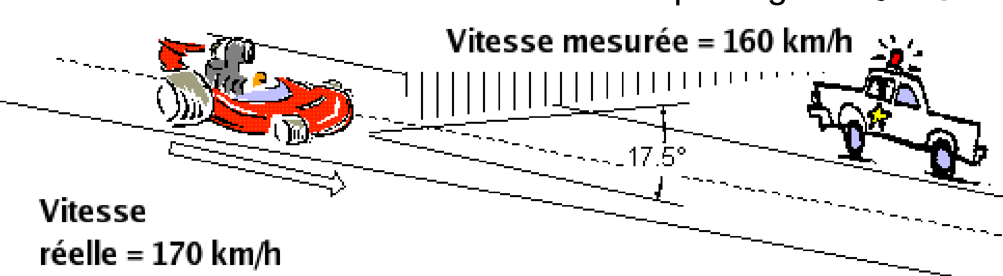
A=B/C →

B=A/C

8=4×2

4=8/2

مُسدس السرعة Speed gun

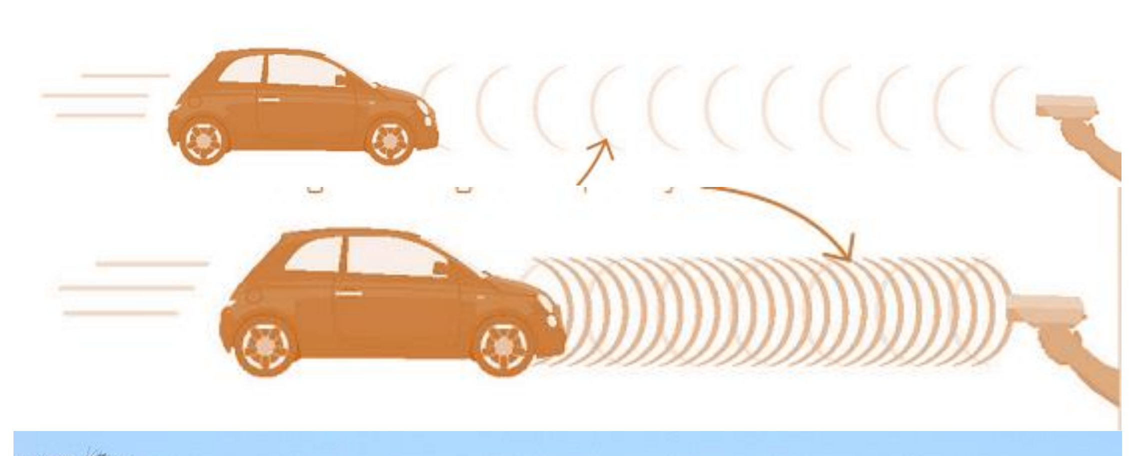


يستخدم رجال الشرطة مسدس السرعة لمعرفة سرعة سيارة عن بعد حيث يقوم مسدس السرعة هذا بإرسال موجاتٍ إلى السيارة الآتية ثم يقوم بإرسال تلك الموجات بعد انعكاسها عن جسم السيارة و يقوم بتحليل تلك الموجات.

كلما كانت تلك الموجات أعلى تردداً دل ذلك على أن السيارة كانت أعلى سرعةً .

الموجات المُنعكسة من سيارةٍ أعلى سُرعةً تكون أكثر انضغاطاً و أقصر و أعلى تردداً .

كلما قصرت الموجة ضمن مجالٍ زمني و مكانيٍ ما ازداد عددها في ذلك المجال و ارتفع بالتالي ترددها.



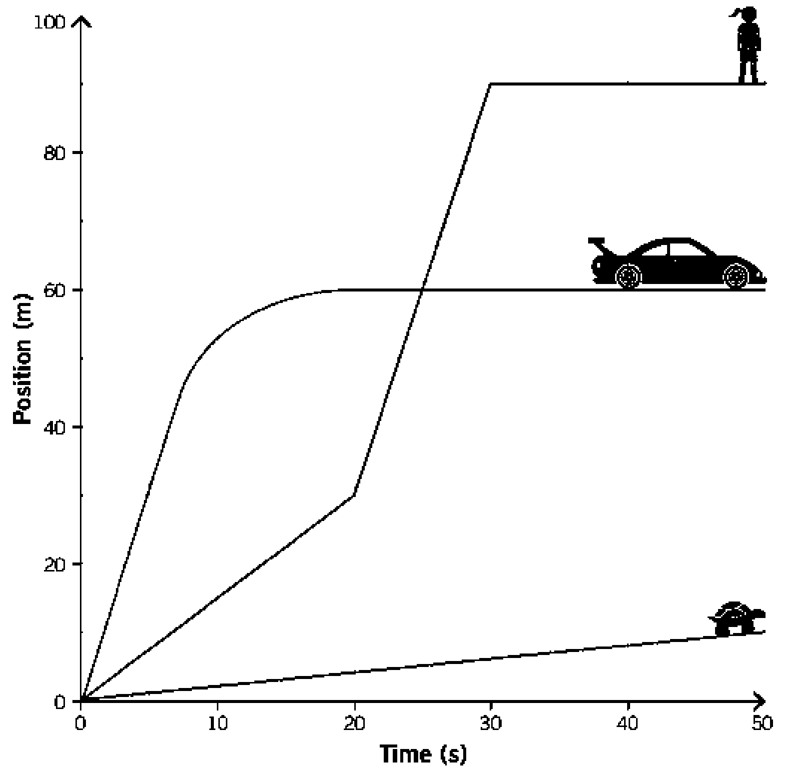


التمثيل البياني للسرعة و الموضع position–time graph

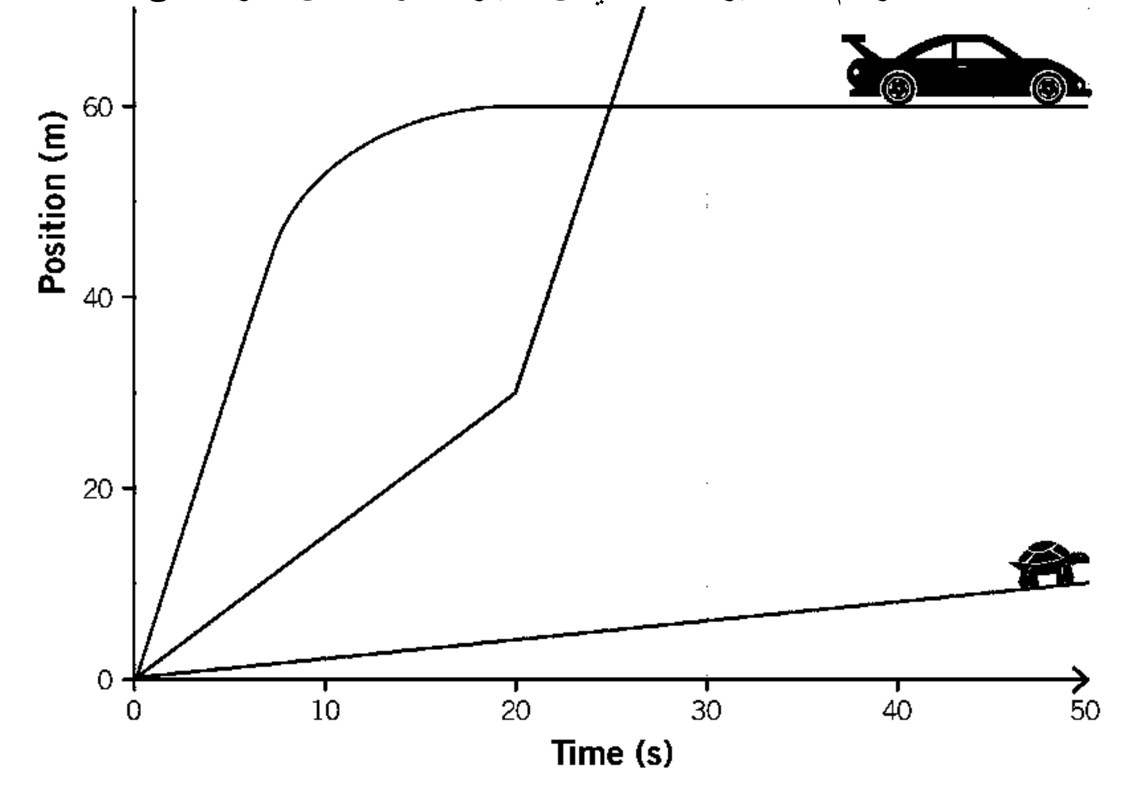
يظهر التمثيل البياني للسرعة و الموضع مسيرة جسمٍ متحركٍ ما يتحرك في خطٍ مستقيم .
يُظهر ميلان الخط البياني و انحداره مقدار سرعة تحرك ذلك الجسم كما يُبين لنا ذلك الخط البياني متى ازدادت سرعة ذلك الجسم و متى أبطأ سرعته و متى توقف عن الحركة.

يُظهر كُل خطٍ بياني مسيرةً مستقلة لجسمٍ مختلف.
كلما كان الخط البياني أكثر انحداراً دل ذلك على أن الجسم كان أعلى سرعةً .
يدل الخط البياني المنحني على ان الجسم يقوم بتغيير سرعته .
يدل الخط البياني الأفقي على أن سرعة الجسم المتحرك ثابتة .
يدل الخط البياني الأفقي على أن الجسم يتحرك وفق سرعةٍ ثابتة.

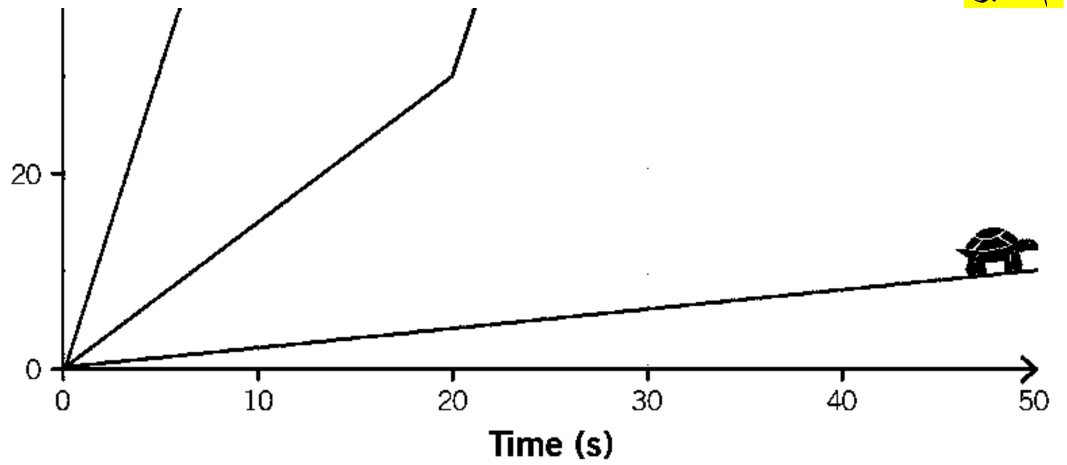
بدأت الفتاة بالمشي بسرعةٍ ثابتة و لكنها بعد 20 ثانية زادت من سرعتها بشكلٍ مفاجئ و بدأت بالركض لمدة 20 ثواني ثم توقفت بعد ذلك .



بدايةً بدأت السيارة تتحرك بسرعةٍ ثابتة عالية و بعد ذلك بدأت تُخفض سرعتها بشكلٍ تدريجي و بعد مسافة 60 متراً لم تعد تتغير المسافة أي أن السيارة قد توقفت عن الحركة على الأغلب.

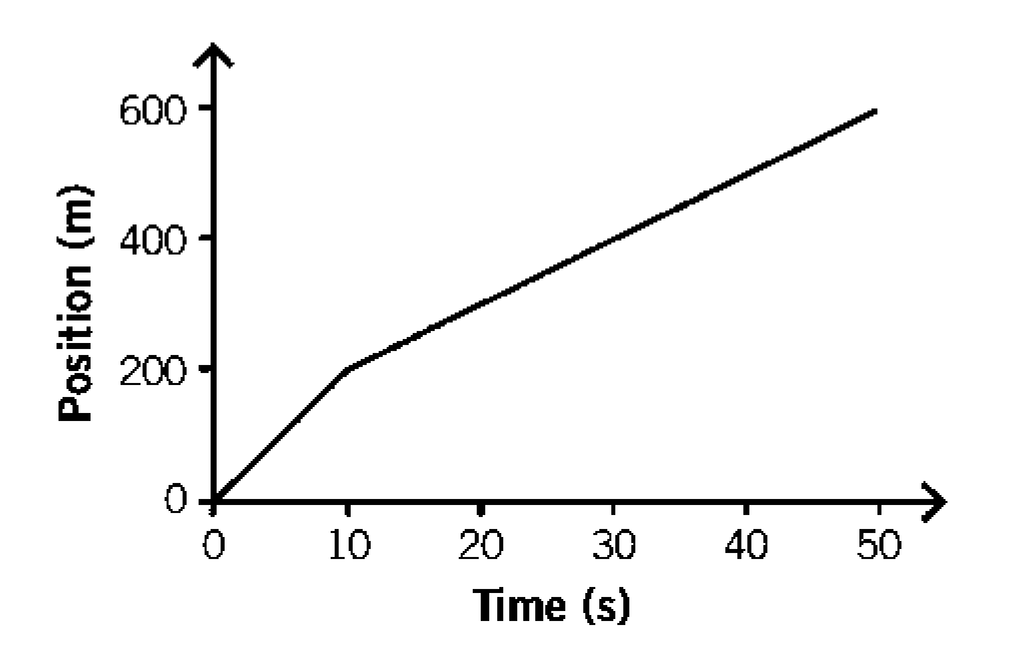


إن الانحراف الطفيف جداً للخط البياني الخاص بحركة السلحفاة يبين بأن حركتها كانت شديدة البطء .
أما استقامة الخط البياني الخاص برصد حركة السلحفاة فإنه يُبين بأن سرعة السلحفاة كانت ثابتة لم تتغير.

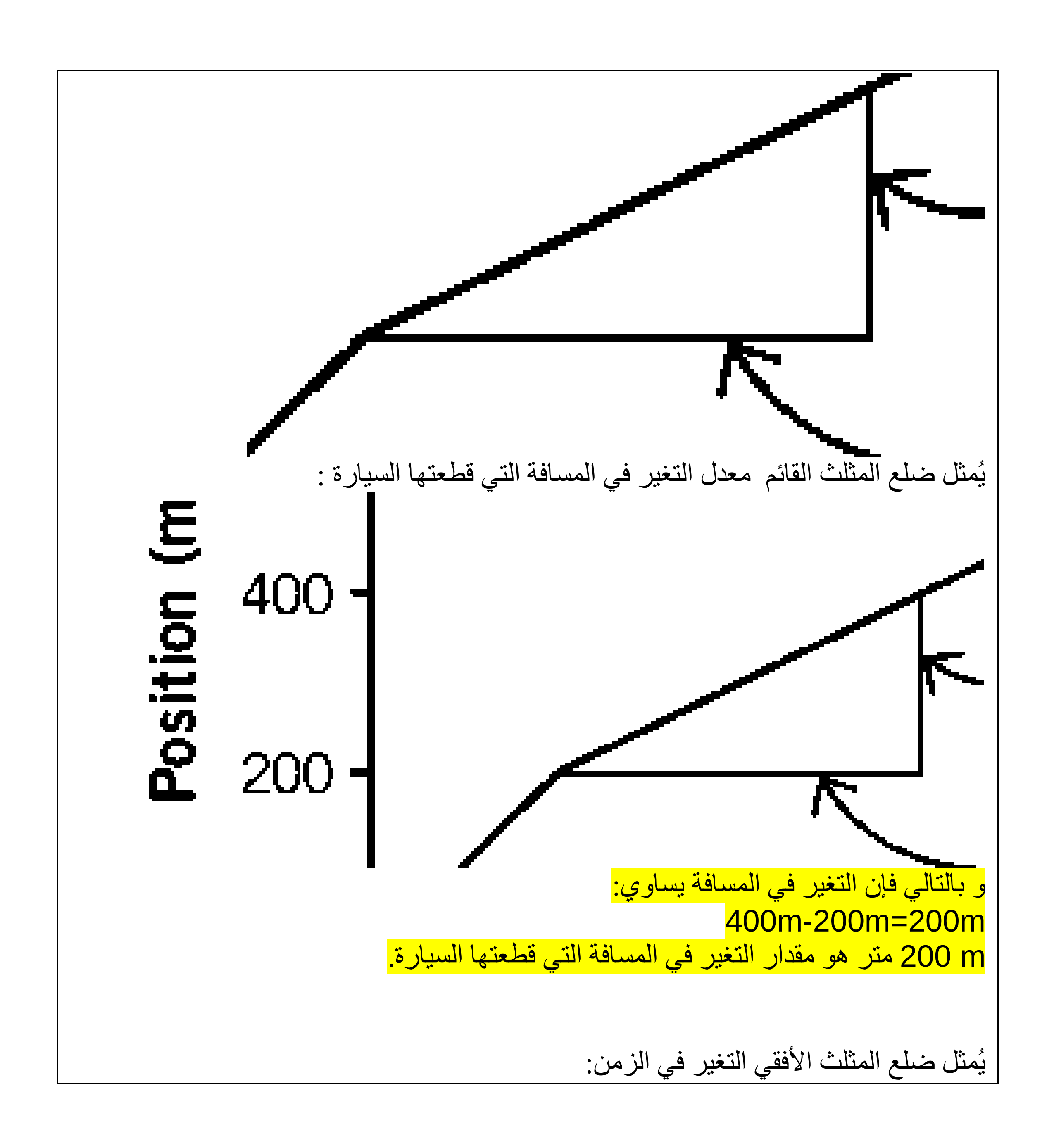


تحليل الخط البياني لحركة

يُظهر الرسم البياني السفلي حركة سيارة .
من خلال الرسم البياني السابق ، كم كانت سرعة السيارة خلال آخر 40 ثانية من الرحلة؟



حساب سرعة السيارة :
لحساب سرعة السيارة اعتماداً على الخط البياني يتوجب علينا أن نرسم مثلثاً قائم الزاوية تحت أي جزءٍ من أجزاء الخط البياني :



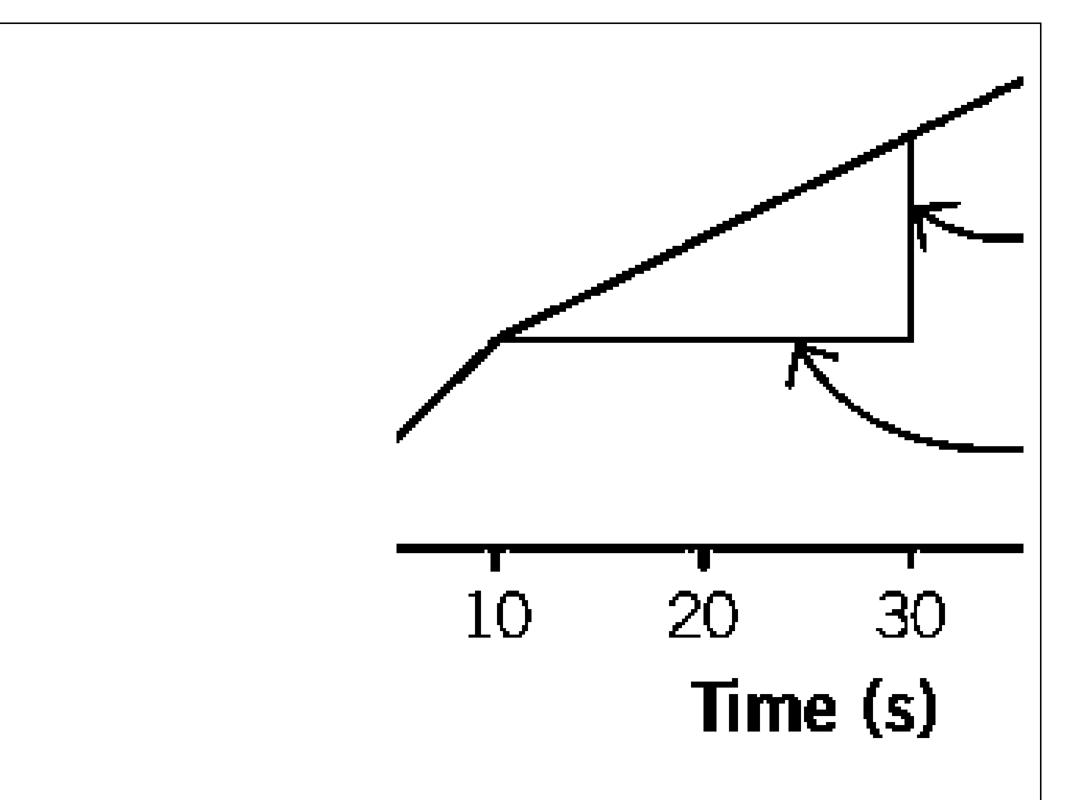
يُمثل ضلع المثلث القائم معدل التغير في المسافة التي قطعتها السيارة :

و بالتالي فإن التغير في المسافة يساوي:

400m-200m=200m

200 m متر هو مقدار التغير في المسافة التي قطعتها السيارة.

يُمثل ضلع المثلث الأفقي التغير في الزمن:



التغير في الزمن يساوي :

30 s – 10 s=20 s

30 ثانية ناقص 10 ثواني=20 ثانية مُعدل التغير في الزمن.

و الآن بعد ان تمكنا من حساب معدل التغير في الزمن و المسافة أصبح بإمكاننا أن نحسب السرعة:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{التغير في المسافة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

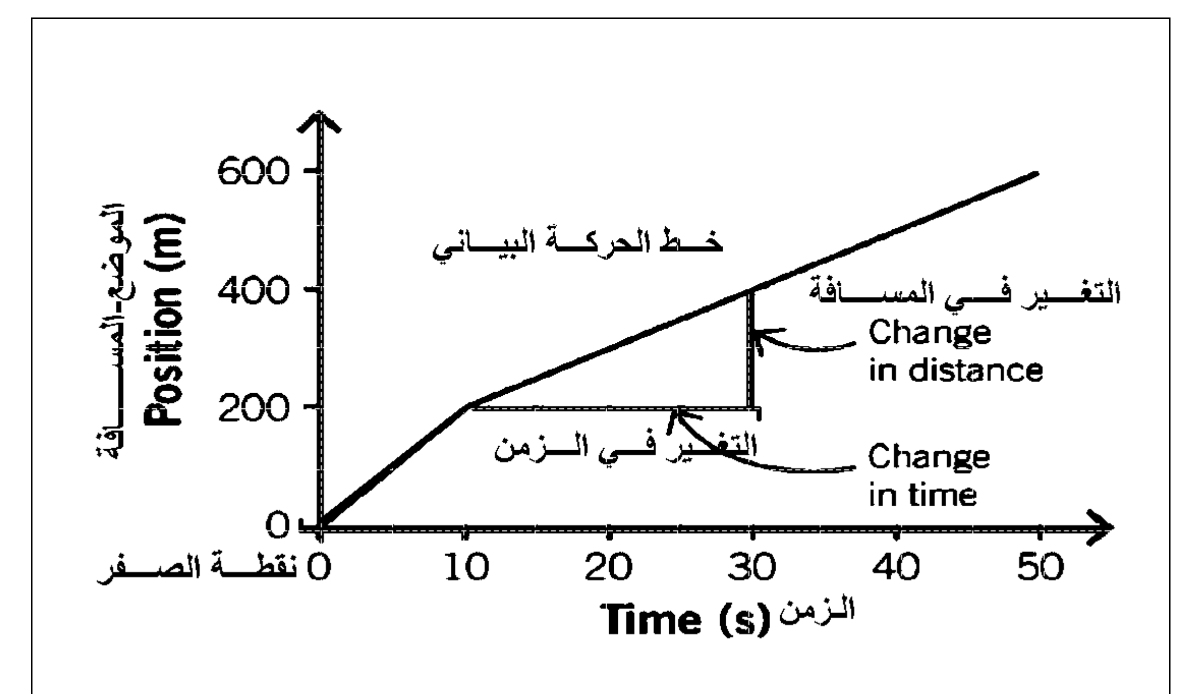
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$$\text{السرعة} = \frac{200\ \text{m}}{20\ \text{s}}$$

$$\text{السرعة} = \frac{200\ \text{متر}}{20\ \text{ثانية}}$$

$$\frac{200\ \text{متر}}{20\ \text{ثانية}} = 10\text{m/s}$$

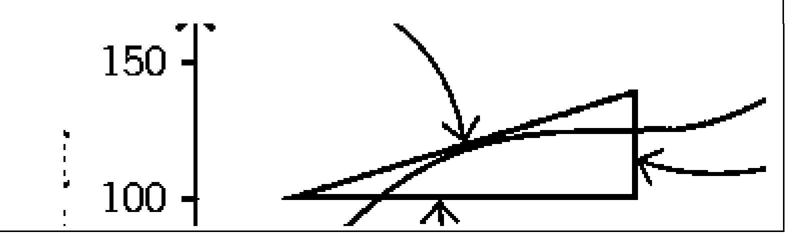
إذاً فإن سرعة تلك السيارة خلال تلك المرحلة كانت 20 متر في الثانية.

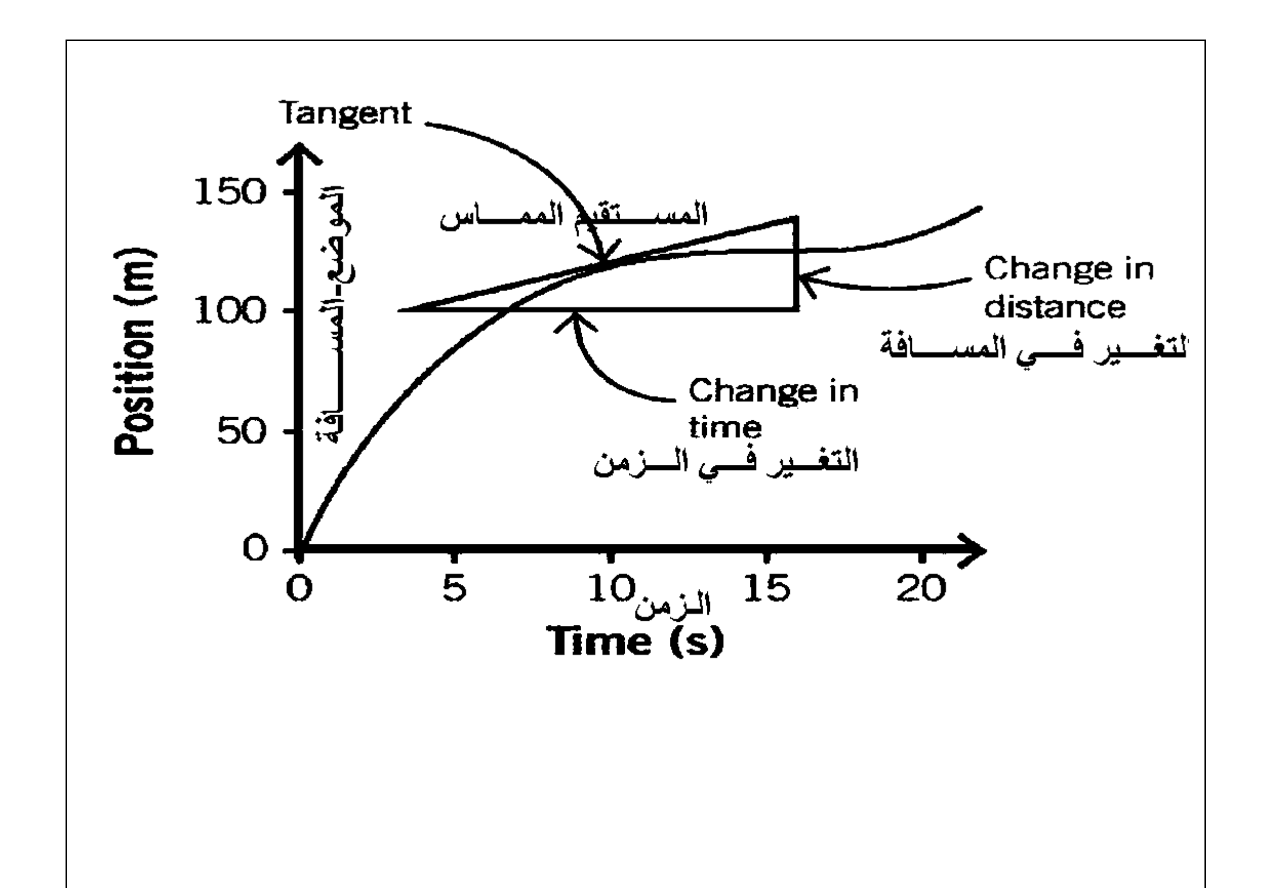


و لكن كيف نتصرف إذا كان الخط البياني مُنحنياً و لم يكن خطاً مُستقيماً؟

إذا كان الخط البياني مُنحنياً و لم يكن خطاً مُستقيماً فإننا نرسم مماساً tangent و المماس هو خطٌ مُستقيم يمس الخط المنحني دون أن يخترقه .

و بعد أن نرسم ذلك المستقيم المماس نُكمل رسم المثلث القائم الزاوية بالطريقة التي مرت معنا سابقاً بحيث يكون ضلعه القائم (العمودي) مساوياً للمسافة و بحيث يكون ضلعه الأفقي مساوياً للزمن و نُكمل بالطريقة ذاتها حل المسألة.





القيم الرقمية Scalars و أسهم التوجه vectors

المقاييس العلمية إما أن تكون عبارة عن مقادير رقمية scalar quantities أو كميات موجهة vector quantities .

تمتلك المقادير الرقمية حجماً فقط magnitude بينما تمتلك المقادير الموجهة حجماً magnitude و جهة.

يشير مصطلح المقادير الرقمية Scalar إلى المقادير و الكميات التي تُحدد حجم أو كمية مقدار ما magnitude و ذلك بخلاف المقادير الموجهة أو الأسهم الموجهة vector و التي تتميز بأن لها حجماً و جهة.

إن الكميات و المقادير العددية **Scalar** تعني في الرياضيات و الفيزياء و علوم الحاسب المقادير التي تدل على كميات مجردة و ذلك بخلاف المقادير الموجهة vector و التي تتميز بأن لها كميات و جهة ، و على سبيل المثال فإن مصطلح السرعة غير الموجهة speed الذي مر معنا سابقاً هو مقدارٌ عددي مجرد **Scalar** لأنه مصطلحٌ لا يُشير لجهة التحرك كأن نقول بأن السيارة تسير بسرعة 80 كيلو متر في الساعة ، و ذلك بخلاف مصطلح (السرعة الموجهة) velocity الذي يُشير إلى مقدارٍ و جهة في الوقت ذاته كأن نقول بأن سيارةً ما تسير بسرعة 80 كيلو متر غرباً.

إن إن الكميات و المقادير العددية **Scalar** لا تتغير إذا تغيرت الإحداثيات عندما يتم التعبير عنها بشكلٍ إحداثي .

المسافة و الإزاحة displacement



ما هي المسافة التي قطعتها السيارة كما تبين لنا الخريطة؟
يمكن القول بأن المسافة التي قطعتها السيارة هي الطريق الطويلة الملتوية التي تمتد ما بين بداية الرحلة و نهايتها ، و بما أن هذه الطريقة الطويلة عديمة الاتجاه فإنها تمثل مقداراً عددياً عديم الجهة scalar quantity.
و يمكننا القول بأن المسافة الفعلية التي قطعتها السيارة تتمثل في مسافة الخط المستقيم الممتد ما بين نقطة البداية و نقطة النهاية و هذه المسافة المستقيمة الموجهة تدعى بالإزاحة displacement و الإزاحة هي مقدارٌ أو كميةٌ موجهةvector quantity و ذلك لأن لهذه الكمية مقدارٌ و جهة.



هل القوى مقادير و كميات عددية مجردة scalar quantity أم أنها مقادير و كميات موجهة vector؟
الاتجاه ركنٌ أساسي في أي قوة –لا توجد قوةٌ عديمة الاتجاه-لا توجد قوةٌ لا اتجاه لها .
جميع القوى عبارة عن مقادير و كميات موجهة vector.

هل الأوزان مقادير و كميات عددية مجردة scalar quantity أم أنها مقادير و كميات موجهة vector؟
الأوزان عبارةً عن قوى ذلك أن وزن الشيء يعني مقدار ضغطه نحو الأسفل أي نحو الأرض و لهذا السبب فإن الأوزان مقادير و كميات موجهة vector.
هل الكُتل مقادير و كميات عددية مجردة scalar quantity أم أنها مقادير و كميات موجهة vector؟
بخلاف الأوزان فإن الكُتل مقادير و كميات عددية مجردة scalar quantity عديمة الاتجاه.

السرعة الموجهة velocity
السرعة الموجهة لجسمٍ ما تعني سرعته باتجاهٍ معين .

التسارع Acceleration
يعني التسارع في الفيزياء تغيير السرعة الموجهة ، إن التسارع في الفيزياء يعني رفع و خفض السرعة الموجهة (و ليس فقط رفع السرعة)كما أنه يعني تغيير الاتجاه .
يدل التسارع دائماً على حركةٍ موجهة vector.

العزم momentum
يعني العزم الكتلة ×السرعة الموجهة velocity ، و بما أن العزم هو نتاج السرعة الموجهة (السرعة التي لها اتجاه) فذلك يعني بأن العزم كذلك موجهٌ (ذو جهة) vector.

السرعة الموجهة Velocity

السرعة الموجهة هي حركة أو سرعة جسمٍ ما في اتجاهٍ معين و لذلك فإن السرعة الموجهة عبارة عن مقدار موجه vector quantity إي أن لها جهةٍ.
بينما نجد بأن السرعة الغير موجهة S p e e d مقدارٌ عددي scalar quantity عديم الاتجاه.

يُبين الشكل سيارتين تتحركان بالسرعة الغير موجهة speed ذاتها أي أن سرعتهما واحدة إذا تجاهلنا عامل الاتجاه حيث تبلغ سرعة كلٍ من هاتين السيارتين 40 km/h كيلو متر في الساعة.
غير أن هاتين السيارتين تتحركان في اتجاهين مختلفين أي أن لهاتين السيارتين سرعتين موجهتين velocities متباينتين حيث تتحرك السيارة العلوية بسرعة 40 كيلو متر في الساعة نحو الجهة اليُمنى ، بينما تتحرك السيارة السفلى بسرعةٍ مُماثلة تبلغ كذلك 40 كيلو متر في الساعة و لكن نحو الجهة اليُسرى ، و نحن في الفيزياء نستخدم شارة الناقص - للدلالة على أن أمراً ما يجري بصورةٍ مُعاكسة ، أي في الاتجاه المعاكس للاتجاه الأول.

السـرعة ٤٠ كيلـو متـر فـي السـاعة
speed 40 km/h
Velocity 40 km/h

السـرعة الغـير موجهـة ٤٠ كيلـو متـرفي السـاعة
السـرعة الموجهـة +٤٠ كيلـو متـر فـي السـاعة

السـرعة الغـير موجهـة ٤٠ كيلـو متـرفي السـاعة
السـرعة ٤٠ كيلـو متـر فـي السـاعة
speed 40 km/h
Velocity -40 km/h
السـرعة الموجهـة نـاقص -٤٠كيلـو متـر فـي السـاعة

فإذا اعتبرنا بأن الاتجاه نحو الجهة اليُمنى هو اتجاهٌ إيجابي فذلك يعني بأن الاتجاه نحو الجهة اليُسرى هو اتجاهٌ سلبي و بالتالي فإن سرعة السيارة السفلية هي سرعةٌ سلبية تبلغ ناقص 40- كيلو متر في الساعة.

تدور هذه السيارة حول الدوار بصورةٍ مستمرة، و بما أن هذه السيارة تُغير اتجاهها بصورةٍ مُستمرة ما بين اتجاهٍ موجب و اتجاهٍ مساوٍ سالب فذلك يعني بأن معدل سرعتها الموجهة velocity يبلغ صفراً .



إطار المرجعية Frames of reference



لو أن ولداً ما ما يقف في قطارٍ يتجه نحو الجهة اليمنى بسرعة 50 متر في الثانية و أن هذا الولد قد رمى كرةً بسرعة 10 امتارٍ في الثانية باتجاه جهة حركة القطار كذلك أي نحو الجهة اليمنى فإن السرعة النسبية الموجهة velocity للكرة بالنسبة لشخصٍ موجودٌ في القطار تبلغ 10 m/s متر في الثانية.

أما بالنسبة لمراقبٍ خارجي يقف خارج القطار فإن سرعة الكرة تبلغ:

50+10=60 m/s

لأن الولد قد رمى الكرة بسرعة 10 m/s متر في الثانية زيادةً على سرعة القطار التي تبلغ 50 متر في الثانية فأصبحت سرعة الكرة بالنسبة لمراقب يقف خارج القطار 60 متر في الثانية.



و الآن إذا قذف ذلك الفتى الكرة بسرعة 10 m/s متر في الثانية و لكن باتجاهٍ مُعاكسٍ لاتجاه حركة القطار فإن سرعة الكرة بالنسبة لشخصٍ موجود في القطار تبلغ 10 m/s متر في الثانية.
أما بالنسبة لمراقبٍ يقف خارج القطار فإن سرعة الكرة تبدو 40m/s متر في الثانية نحو الأمام و ليس نحو الخلف:

50 -10=40 m/s

اعتبرنا بأن سرعة القطار سرعة إيجابية تبلغ 50+ بينما اعتبرنا سرعة الكرة سرعةً سلبية تبلغ 10- لأن اتجاهها معاكسٌ لا تجاه القطار و بالتالي فإن :

50 + (-10)=40

و لقد روى الطيارين أثناء الحرب العالمية الثانية بأنهم كانوا يستطيعون الإمساك بأياديهم بالطلقات النارية في الجو لأن سرعتهم كانت قريبةً جداً من سرعة تلك الطلقات النارية.
مما تقدم نستنتج بأن سرعة جسمٍ ما هي مفهومٌ نسبي يرتبط بوجهة نظر المراقب و تختلف باختلاف موضع ذلك المراقب .
وجهات النظر هذه تُدعى بالأطر المرجعية Frames of reference.

التسارع

يعني " التسارع" من الناحية اللغوية زيادة السرعة ، أما من الناحية الفيزيائية فإن التسارع لا يعني زيادة السرعة و حسب بل إنه يعني كذلك تخفيض السرعة و تغيير الاتجاه .
يُقاس التسارع بوحدة المتر على مربع الثانية m/s^2 .
التسارع (متر\ثانية مربعة) = التغيير في السرعة الموجهة (متر\ثانية) مقسوماً على الزمن المستغرق(ثانية)

$$a=\frac{Vf-Vi}{t}$$

التسارع a يُساوي السرعة النهائية الموجهة V_f ناقص السرعة الابتدائية V_i مقسوماً على الزمن t .
التسارع هو معدل تغير السرعة الموجهة.
يُقاس التسارع بوحدة المتر على مربع الثانية m/s^2.
يبلغ تسارع جسمٍ يسقط سقوطاً حراً على سطح الأرض $9.8\ m/s^2$ و هو يدعى بالثابت g .
لحساب التسارع أي معدل تغير السرعة الموجهة فإننا نحتاج لمعرفة عاملين هما السرعة النهائية الموجهة و السرعة الابتدائية الموجهة.



دائماً ضع السرعة النهائية V_f=final velocity قبل السرعة الابتدائية V_i=Initial Velocity و لا تفعل العكس.

سيارة تبلغ سرعتها الموجهة 24 m/s متر في الثانية ارتفعت سرعتها إلى 48m/s متر في الثانية خلال عشر ثواني.
احسب تسارع هذه السيارة.
التسارع يُساوي السرعة النهائية الموجهة ناقص السرعة الابتدائية الموجهة مقسوماً على الزمن
$a=V_f - V_i/t$
التسارع a يُساوي السرعة النهائية Vf الموجهة ناقص السرعة الابتدائية الموجهة V_i مقسوماً على الزمن t .
التسارع a=Acceleration
السرعة النهائية V_f=final velocity
السرعة الابتدائية V_i=Initial Velocity .

$$a=\frac{V f-V i}{t}$$
التسارع a يُساوي السرعة النهائية الموجهة V_f ناقص السرعة الابتدائية V_i مقسوماً على الزمن t .
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$$a=\frac{48\ m/s-24 m/s}{10\ s}=2.4\ m/s^2$$

$2.4\ m/s^2$ متر في مربع الثانية ، أي متر في الثانية في الثانية هو تسارع السيار ة .
يُقاس التسارع بوحدة المتر في مربع الثانية.

تسارع السقوط بتأثير الجاذبية الأرضية

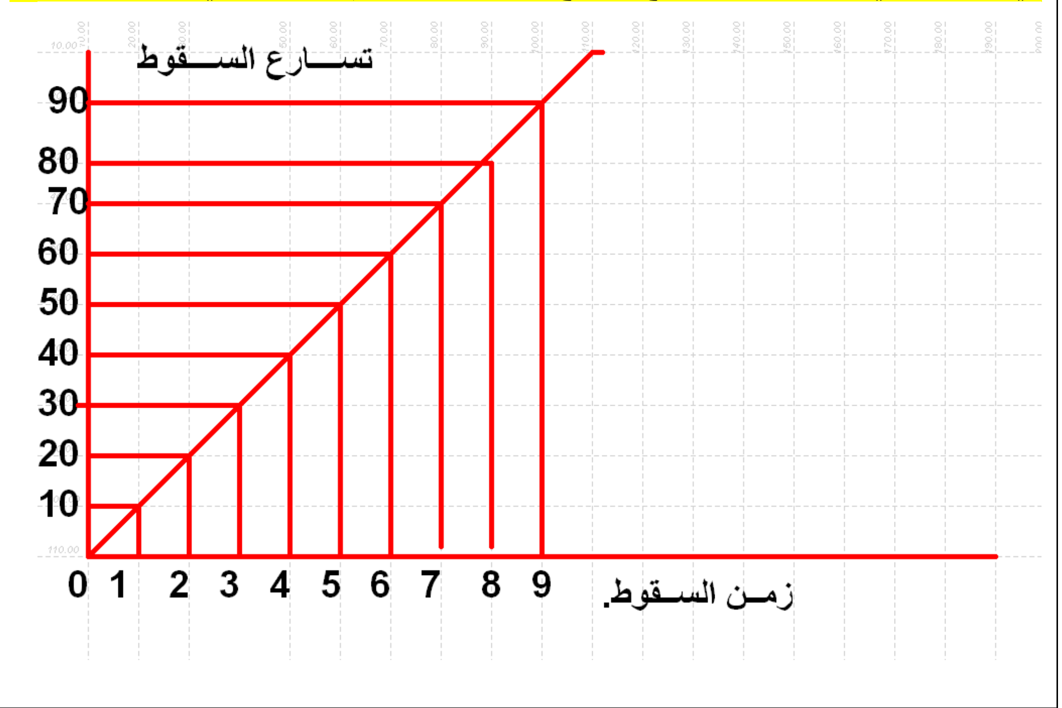
عندما يسقط جسمٌ ما على سطح الأرض فإن تسارعه يبلغ $9.8\ m/s^2$ متر في الثانية المربعة، و لكن علينا الانتباه إلى أن هذه القيمة تمثل تسارع السقوط أي أن هذه القيمة ليست ثابتة ذلك أنها تزداد في كل ثانية بمعدل $9.8\ m/s^2$ متر في الثانية المربعة ، و يرمز لهذه القيمة بالحرف g . و في الحياة الواقعية لا يتساقط الجسم بهذا التسارع لأنه يتعرض كذلك لمقاومة الهواء التي تُشكل قوةً دافعة علوية تدفع الجسم نحو الأعلى.

تسهيلاً لفهم الموضوع اعتبرت بأن تسارع السقوط يساوي عشر أمتار في الثانية :

الزمن	تسارع السقوط
الثانية صفر	صفر متر في الثانية
الثانية ١	متر في الثانية 10
الثانية ٢	متر في الثانية 20
الثانية ٣	متر في الثانية 30
الثانية ٤	متر في الثانية 40
الثانية ٥	متر في الثانية 50
الثانية ٦	متر في الثانية 60
الثانية ٧	متر في الثانية 70
الثانية ٨	متر في الثانية 80
الثانية ٩	متر في الثانية 90

مع كل ثانية تمر يزداد تسارع الجسم الساقط بمعدل عشرة أمتار في الثانية (تحديداً 9.8 m/s) .

في الثانية صفر يكون تسارع الجسم الساقط صفر متر في الثانية ، و في الثانية الأولى يكون تسارع الجسم 10 أمتار في الثانية و في الثانية الثانية يُصبح تسارع سقوط ذلك الجسم 20 متراً في الثانية و في الثانية الثالثة يُصبح تسارع سقوط ذلك الجسم 30 متراً في الثانية و هكذا...



مظلة الفرملة Drogue parachute



الغاية من مظلة الفرمة إحداث تباطؤ decelerateأو تسارع سلبي negative acceleration يقلل من سرعة هبوط الطائرة على المدرج و يقلل بالتالي من اهتراء عجلاتها و يقلل من طول المدرج اللازم للهبوط .
يتوجب تغيير عجلات الطائرة بعد كل عدة عمليات إقلاعٍ و هبوط و كلما كان زمن الهبوط أقل زاد العمر الافتراضي لعجلات الطائرة.



سيارة تسير بسرعة 60 m/s متر في الثانية قام سائقها بتخفيض سرعتها إلى 20 m/s في الثانية خلال 50 ثانية .
ما هو معدل سرعة هذه السيارة؟
التسارع = السرعة النهائية ناقص السرعة الابتدائية تقسيم الزمن.
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$$\frac{20-60}{50} = -0.8$$

حصلنا على قيمة سلبية لأن التسارع سلبي لأن السيارة كانت في حالة تباطؤ.

يُمكن حساب التسارع من تغير السرعة الموجهة velocity بالاعتماد على المسافة أكثر مما يُمكن ذلك اعتماداً على الزمن:

$Vf^2-Vi^2=2$ as

مربع السرعة النهائية Vf^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية Vi^2 يساوي 2 ضرب الإزاحة .

الإزاحة هي المسافة التي تم اجتيازها و هي تساوي التسارع ضرب المسافة المقطوعة.

Displacement= distance traveled

الإزاحة Displacement

a الإزاحة

تتسارع سيارة بشكلٍ ثابت لمسافة 88 متر إلى أن تصل سرعتها إلى 44 m/s متر في الثانية.

احسب تسارع هذه السيارة.

سوف نعتمد في حل هذه المسألة على عامل الإزاحة a أي (المسافة المقطوعة) و ليس على عامل الزمن لأنه مجهول(لم يُذكر في نص المسألة) :

$Vf^2-Vi^1=2$ as

مربع السرعة النهائية Vf^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية Vi^1 يساوي 2 ضرب الإزاحة a في الثانيةS.

نقوم بإعادة ترتيب عناصر المعادلة السابقة بحيث نجعل مطلوب المسـألة أي (التسارع) هو مطلوب المعادلة و ناتجها.

ندرس إمكانية إعادة ترتيب عناصر المعادلة السابقة بحيث نجعل مطلوب المسـألة أي (التسارع) هو مطلوب المعادلة و ناتجها بطريقة الرموز و الأعداد البسيطة:

$Vf^2-Vi^1=2$ as

مربع السرعة النهائية Vf^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية Vi^1 يساوي 2 ضرب الإزاحة a في الثانيةS.

Vf^2= A=46 مربع السرعة النهائية.

Vi^1=B=14 مربع السرعة الابتدائية.

a=C=2 الإزاحة (تذكر جيداً أن الإزاحة تساوي 2) .

s=D=8 الزمن(ثانية)

و بالتالي فإن المعادلة السابقة :

$Vf^2-Vi^1=2$ as

مربع السرعة النهائية Vf^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية Vi^1 يساوي 2 ضرب الإزاحة .

A-B=2×C×D→

$$C=\frac{A-B}{2\times D}=\frac{46-14}{2\times 8}=\frac{32}{16}=2$$

a=2 توصلنا للنتيجة ذاتها أي 2 .

إذاً يُمكننا إعادة ترتيب المعادلة السابقة بحيث نجعل مجهول و مطلوب المسألة مجهولاً مطلوباً للمعادلة.

نتذكر المسألة :

تتسارع سيارة بشكلٍ ثابت لمسافة 800 متر إلى أن تصل سرعتها إلى 44 m/s متر في الثانية.

احسب تسارع هذه السيارة.
المعادلة :

$V_f^2-V_i^1=2\ as$

$V_f^2-V_i^1=2\times a\times s$

مربع السرعة النهائية V_f^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية V_i^2 يساوي 2 ضرب الإزاحة a.
إذاً يمكننا إعادة ترتيب المعادلة السابقة لتصبح على الصورة التالية:

$a=V_f^2-V_i^2/2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div 2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div 2\times s$

التسارع=مربع السرعة النهائية V_f^2 ناقص مربع السرعة الابتدائية V_i^2 تقسيم 2 ضرب المسافة:
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :
المسافة 800 متر ؛ السرعة 44 m/s متر.

$a=44\ m/s^2-0m/s^2/800$

$a=44\ m/s^2-0m/s^2\div 800=1936/1600=1936\div 1600=1.21\ m/s^2$

إذاً فإن تسارع هذه السيارة يبلغ $1.21\ m/s^2$.
لاحظ كيف أننا اعتبرنا بأن السرعة الابتدائية Vi^2 صفر .
دائماً عندما لا تذكر المسألة مقدار السرعة الابتدائية و لا تطالبنا بحسابها فإننا نعتبر بأن السرعة الابتدائية مساوية للصفر أي أننا نعتبر بأن الجسم المتحرك أياً يكن (السيارة مثلاً) قد انطلق من حالة توقف أي أنه انطلق من السرعة صفر.

كيف فعلنا ذلك؟

$A-B=2\times C\times D$

$22-6=2\times 4\times 2\rightarrow$

$C=A-B/2\times D$

$4=22-6/2\times 2$

إذا كانت لدينا عمليتين متساويتين الأولى تحوي عملية طرح طرفين من بعضهما البعض و الثانية تحتوي على عملية ضرب عدة عناصر ببعضها البعض فإن أي عنصرٍ مجهول من العناصر المضروبة ببعضها البعض يساوي ناتج طرح العنصرين الموجودين في عملية الطرح مقسوماً على ناتج ضرب ما تبقى من عناصر في عملية الضرب الثانية ببعضها البعض.

إذا كانت لدينا عمليتين متساويتين الأولى تحوي عملية طرح طرفين من بعضهما البعض و الثانية تحتوي على عملية ضرب عدة عناصر ببعضها البعض:

$V_f^2-V_i^1=2\ as$

$V_f^2-V_i^1=2\times a\times s$

$A-B=2\times C\times D$

$22-6=2\times4\times2\rightarrow$

فإن أي عنصرِ مجهول من العناصرِ المضروبة ببعضها البعض يساوي ناتج طرح العنصرين الموجودين في عملية الطرح مقسوماً على ناتج ضرب ما تبقى من عناصر في عملية الضرب الثانية ببعضها البعض.

$C=A-B\ /2\times D$

$4=22-6/2\times2$

$a=V_f^2-V_i^2/2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div2\times s$

نتذكر المعادلة :

$V_f^2-V_i^1=2\ as$

$V_f^2-V_i^1=2\times\ a\times s$

إذاً يمكننا إعادة ترتيب المعادلة السابقة لتصبح على الصورة التالية:

$a=V_f^2-V_i^2/2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div2s$

$a=V_f^2-V_i^2\div2\times s$

الرسم البياني الزمني للسرعة الموجهة velocity–time graph

يُظهر الرسم البياني الزمني للسرعة الموجهة velocity معدل تغيير السرعة الموجهة لجسمٍ ما مع الزمن حيث يُظهر انحدار و ميلان الخط البياني معدل تسارع جسمٍ ما أو معدل انخفاض سرعته (تباطؤه) أو تسارعه السلبي negative acceleration.

يُمثل الخط المستقيم تسارعاً ثابتاً مُتجانساً بينما يُظهر الخط البياني المائل تسارعاً مُتغيراً .

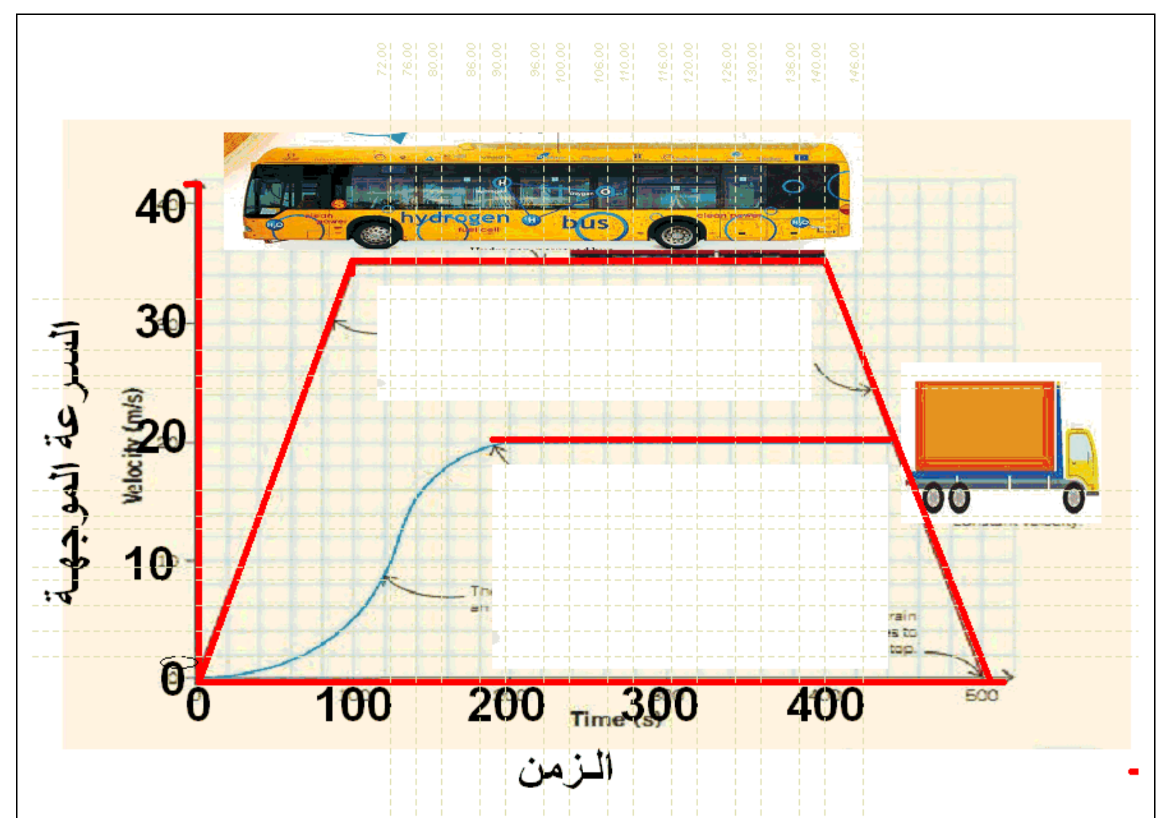
يُمثل الخط البياني الأفقي سرعةً موجهة ثابتة.

إن الرسم البياني الزمني للسرعة الموجهة يُظهر كيف تتغير السرعة الموجهة لجسمٍ ما بمرور الزمن.

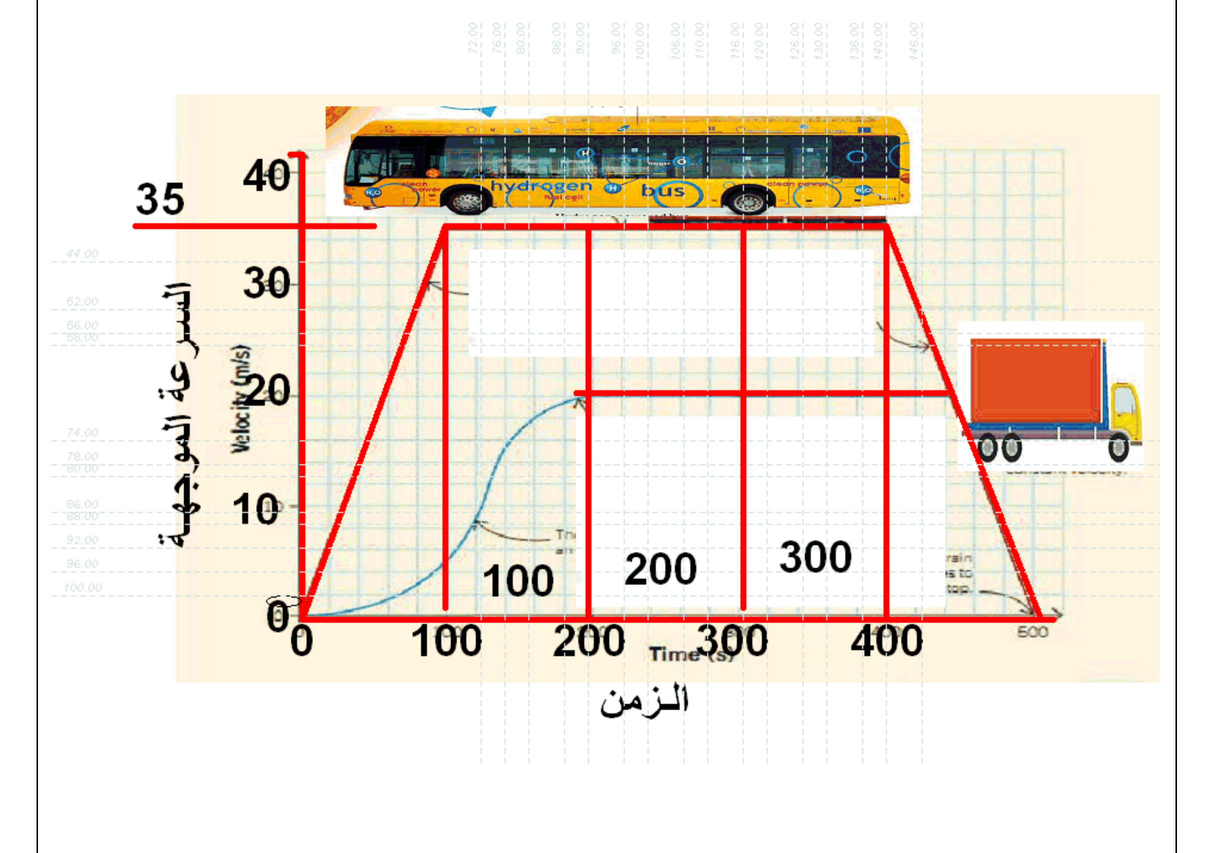
يَظهر المحور الأفقي الزمن بينما يُظهر المحور العمودي السرعة الموجهة.

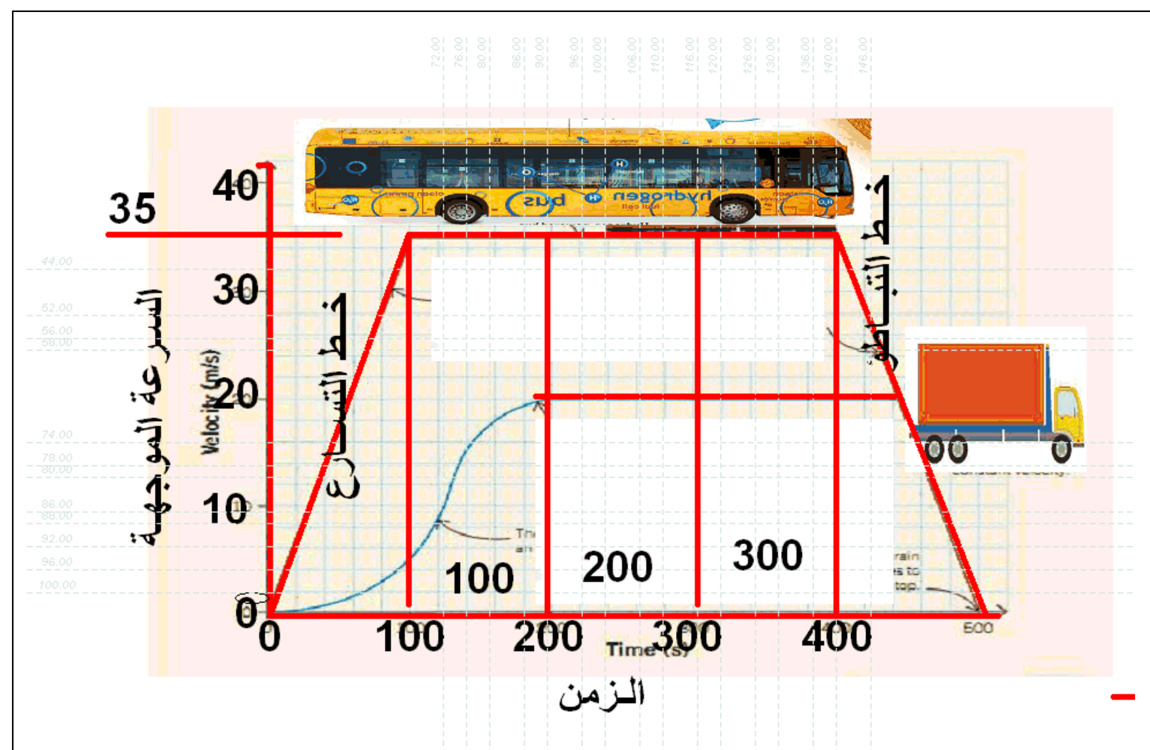
يُمكن لنا أن نعرف سرعة الجسم المتحرك من خلال درجة ميلان الخط البياني.

تُمثل المساحة الموجودة تحت الخط البياني الإزاحة displacement أي إجمالي المسافة المقطوعة.



حافظ الباص على سرعةٍ موجهة مقدارها 35 m/s متر في الثانية لمدة 300 ثانية.
يُظهر المحور العمودي السرعة و كما ترون فإن الباص يقع عند مستوى 35 متر في الثانية على محور السرعة العمودي.





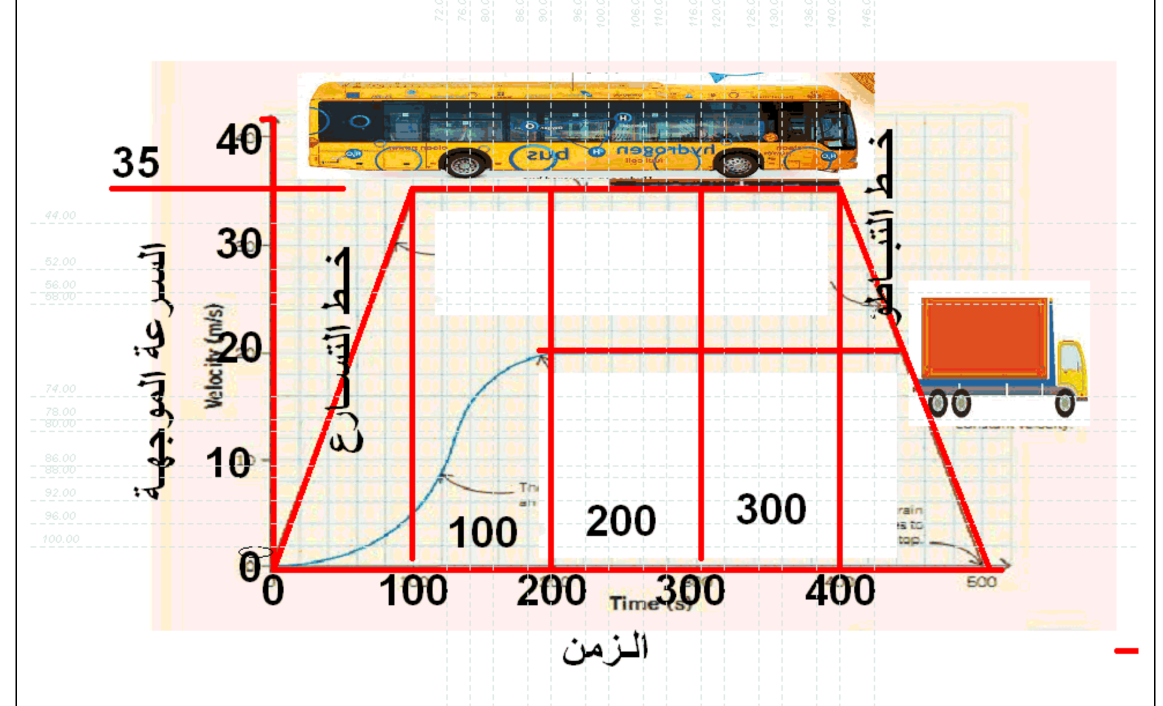
المحور الأفق هو محور الزمن و كما نرى فقد شغلت حركة الباص على سرعةٍ ثابتة 300 ثانية ما بين الثانية 100 و الثانية 400:

100→200

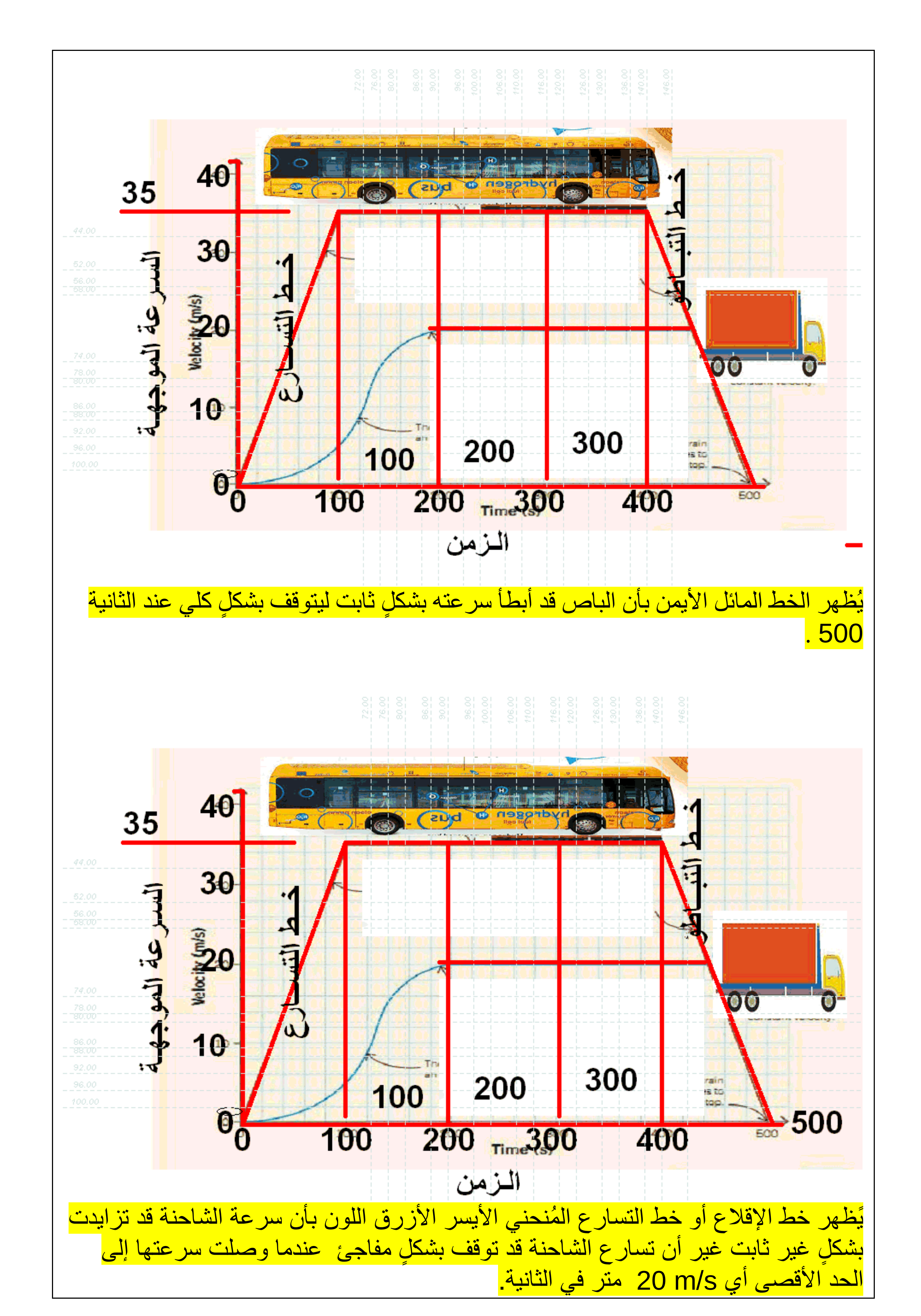
200→300

300→400

أي أن الباص قد حافظ على سرعته لمدة300 ثانية.

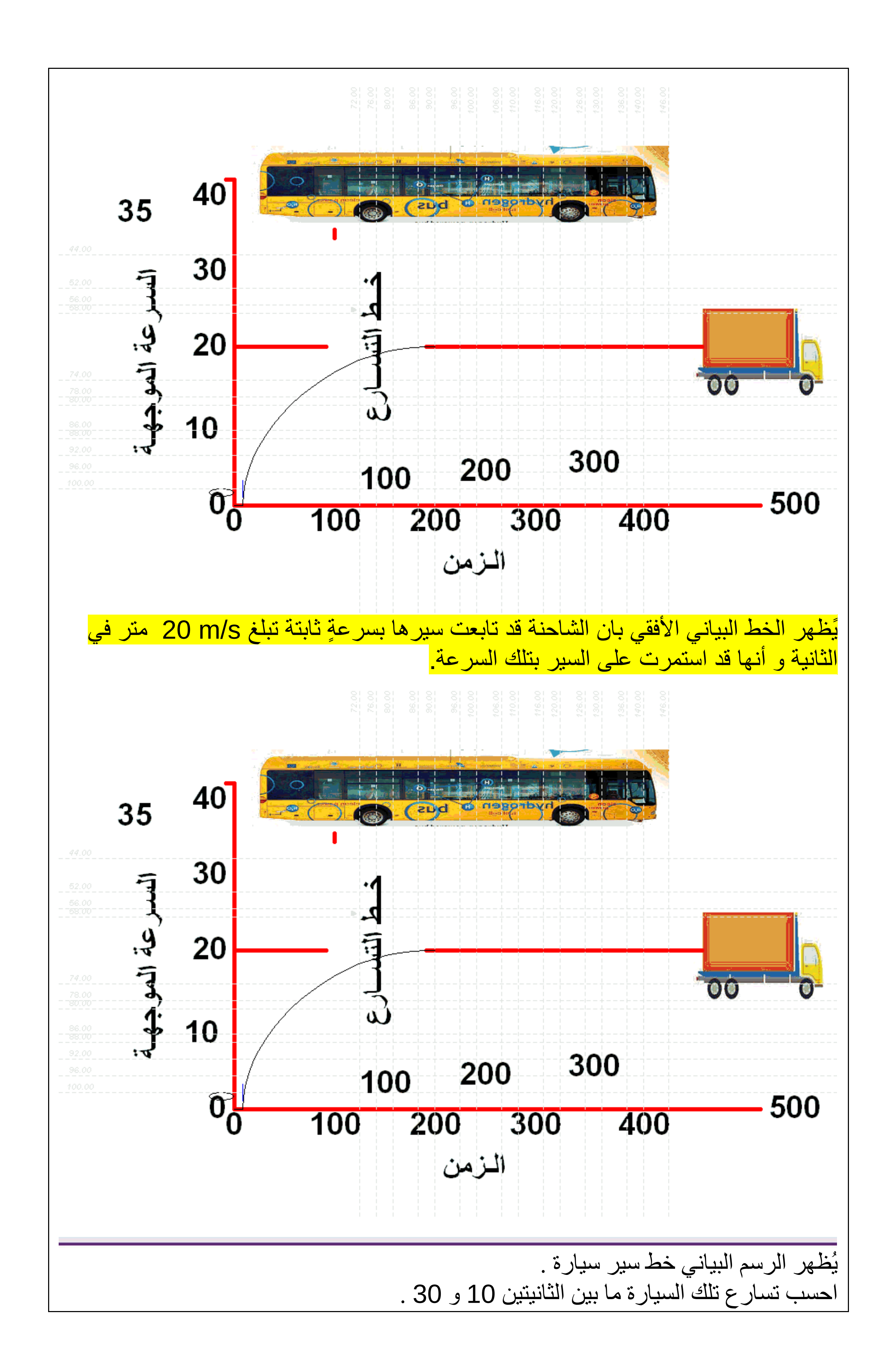


يُظهر الخط المائل الأيسر بأن الباص قد تسارع بشكلٍ ثابت بعد انطلاقه من السرعة صفر ليصل إلى السرعة التي ثبت عليها لاحقاً وهي 35 متر في الثانية.



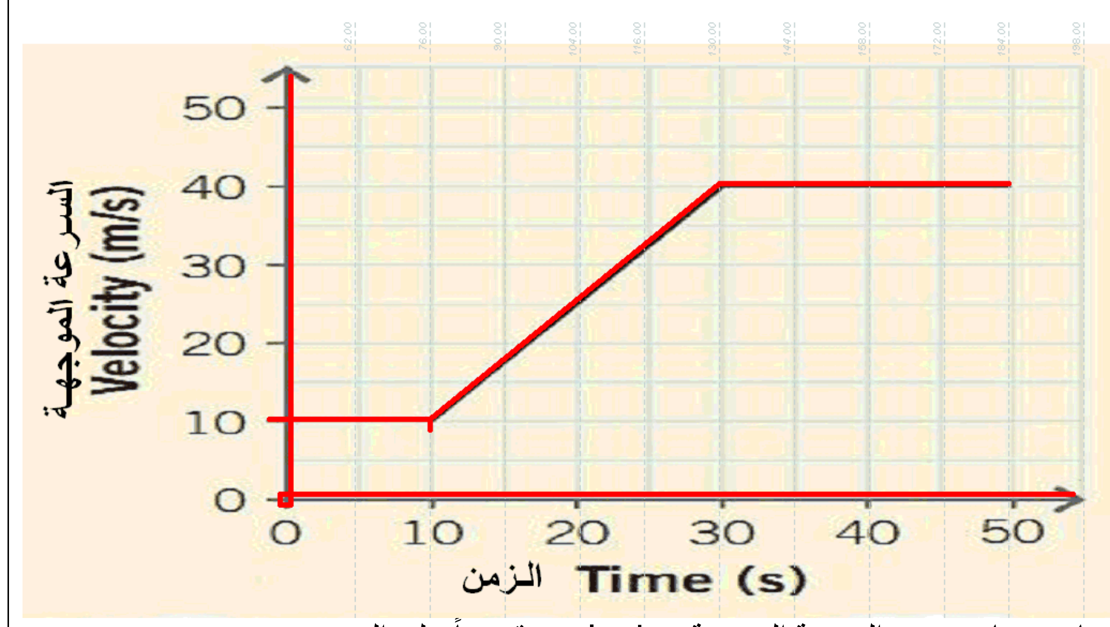
يُظهر الخط المائل الأيمن بأن الباص قد أبطأ سرعته بشكلٍ ثابت ليتوقف بشكلٍ كلي عند الثانية 500 .

يًظهر خط الإقلاع أو خط التسارع المُنحني الأيسر الأزرق اللون بأن سرعة الشاحنة قد تزايدت بشكلٍ غير ثابت غير أن تسارع الشاحنة قد توقف بشكلٍ مفاجئ عندما وصلت سرعتها إلى الحد الأقصى أي 20 m/s متر في الثانية.



يًظهر الخط البياني الأفقي بان الشاحنة قد تابعت سيرها بسرعةٍ ثابتة تبلغ 20 m/s متر في الثانية و أنها قد استمرت على السير بتلك السرعة.

يُظهر الرسم البياني خط سير سيارة .
احسب تسارع تلك السيارة ما بين الثانيتين 10 و 30 .



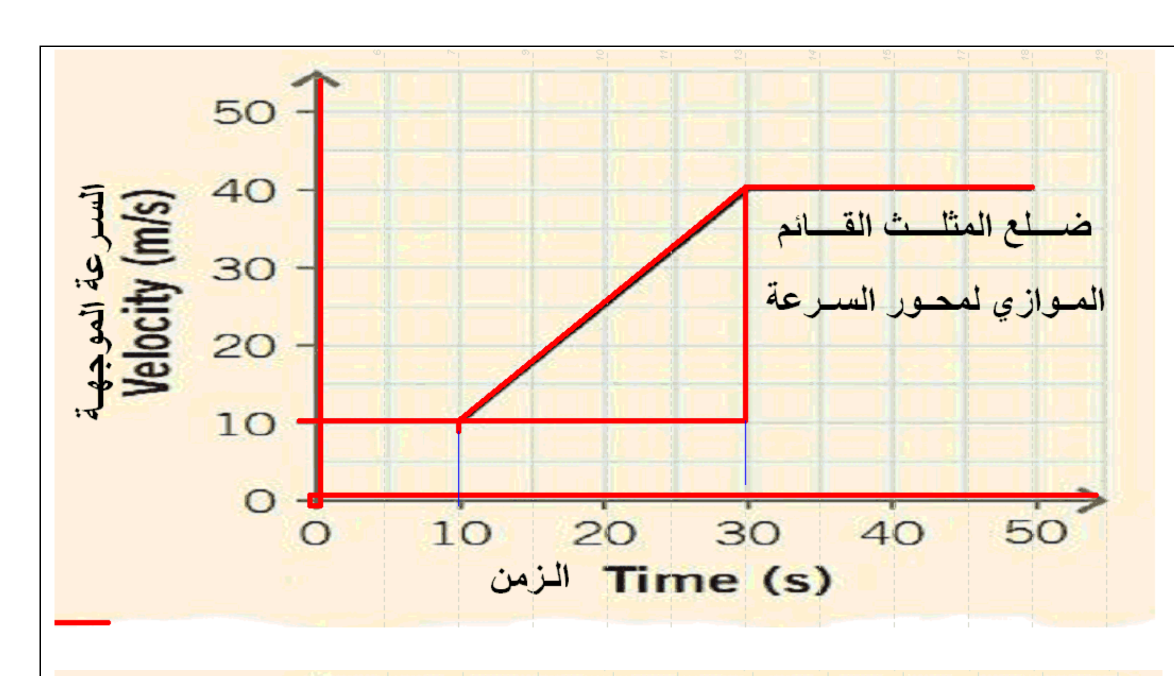
التسارع يساوي تغير السرعة الموجهة velocity مقسوماً على الزمن.

لحل هذه المسألة فإننا نُكمل الخط البياني بحيث نرسم مثلثاً قائم الزاوية يكون ضلعه القائم موازياً للمحور العمودي و الذي يُمثل السرعة .

يجب أن يكون طول ضلع المثلث القائم بذات طول المسافة التي تمثل سرعة هذه السيارة على محور السرعة العمودي أي ما بين 10 و 40 متر في الثانية:



نكمل رسم المثلث فنرسم قاعدةً له يُمثلها خطٌ يوازي محور الإحداثيات الأفقي الذي يُمثل الزمن غير أن قاعدة المثلث لا تشغل إلا الحيز الزمني الممتد ما بين الثانية العاشرة و الثانية 30 :





قاعدة المثلث القائم الزاوية يُمثلها خطٌ يوازي المحور الأفقي أي محور الزمن و لكنها لا تشغل إلا الزمن المطلوب منا .

إن التغير في سرعة السيارة (الموجهة) يساوي :

40m/s – 10 m/s =30 m/s

الزمن المستغرق يساوي:

30 s – 10 s =20 s

20 ثانية.

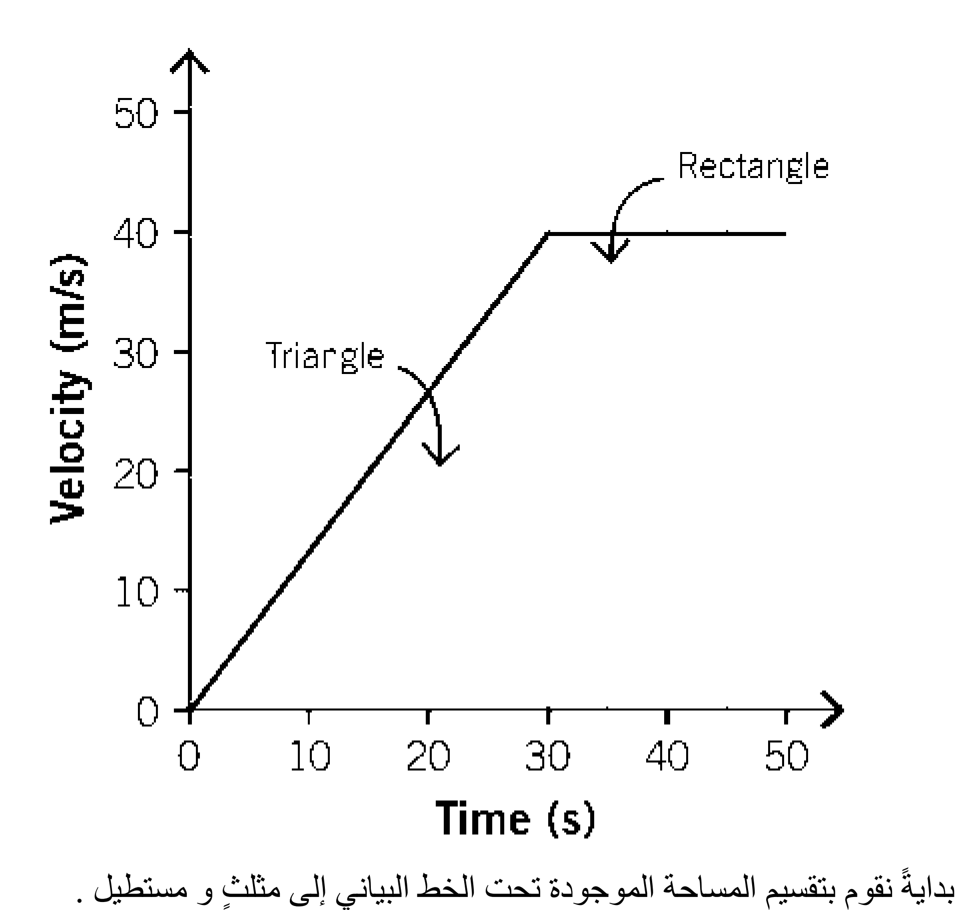
التسارع يُساوي السرعة 30 متر في الثانية \ الزمن 20 ثانية.

التسارع يساوي $\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن بالثانية}} = \frac{30\ m/s}{20\ s} = 1.5\ m/s^2$

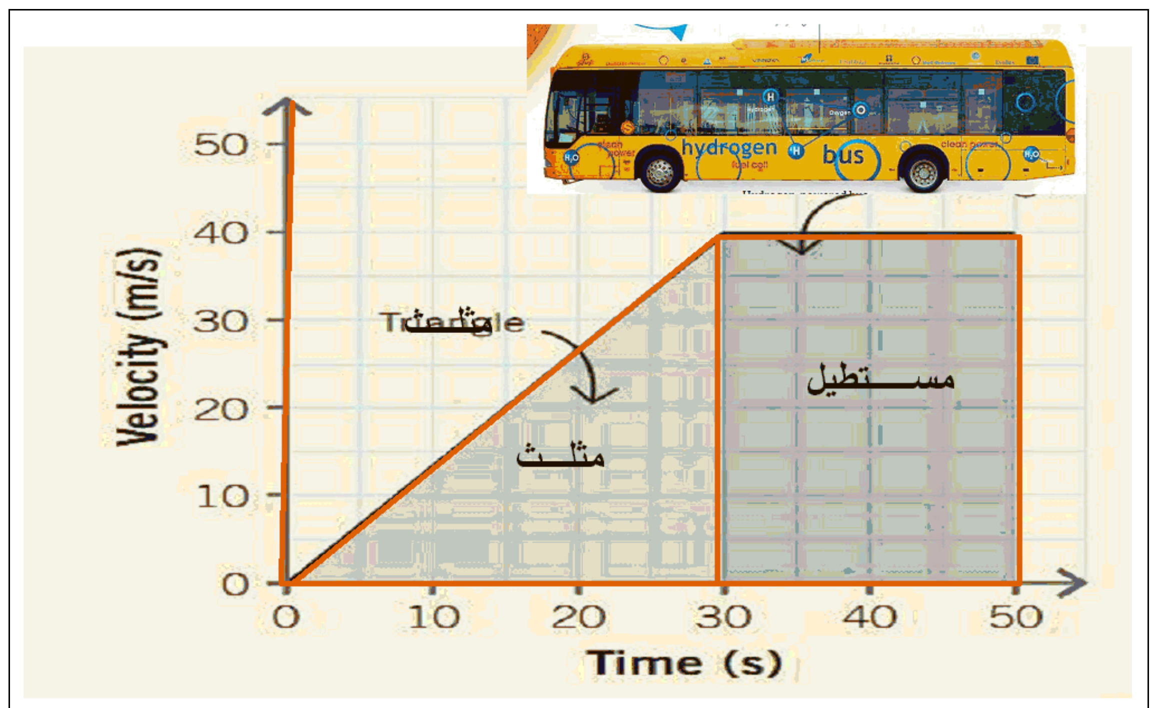
حساب الإزاحة Displacement

يُمكننا استخدام المخطط الإحداثي في حساب إزاحة جسمٍ مُتحرك، أي إجمالي المسافة التي قطعها ذلك الجسم و ذلك من خلال حساب المساحة الموجودة تحت الخط البياني و ذلك لأن الإزاحة أو المسافة التي قطعها جسمٌ ما تساوي السرعة ×الزمن .

يُظهر الرسم البياني رحلة حافلة(باص) استغرقت 50 ثانية .
احسب إزاحة الحافلة، أي المسافة التي قطعتها الحافلة.



بدايةً نقوم بتقسيم المساحة الموجودة تحت الخط البياني إلى مثلثٍ و مستطيل .



نقوم أولاً بحساب مساحة المثلث :

مساحة المثلث = $\frac{\text{الارتفاع} \times \text{القاعدة}}{2}$

نعوض بالقيم الرقمية:

مساحة المثلث = $\frac{30\ s \times 40\ m/s}{2}$ =600 m

600 متر هي مساحة المثلث.

الآن نقوم بحساب مساحة المستطيل .

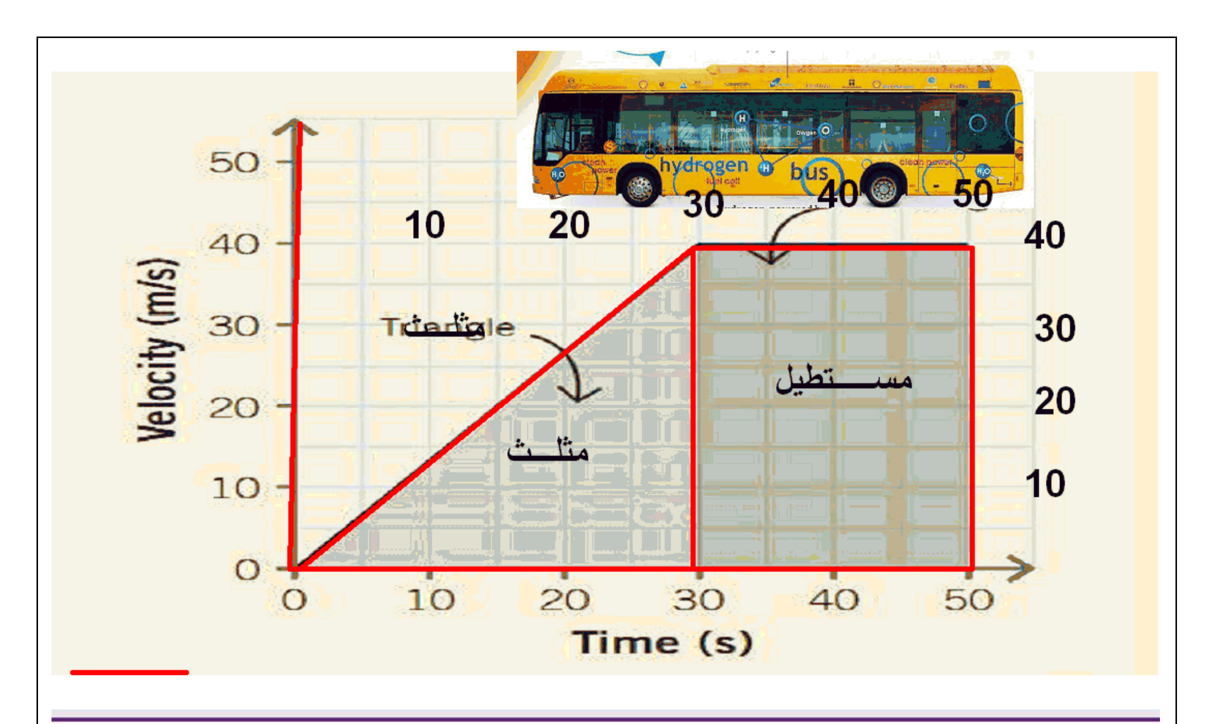
مساحة المستطيل = القاعدة ×الارتفاع أي الطول×العرض.

20s×40 m/s=800 m

و الآن نجمع هاتين القيمتين مع بعضهما البعض فنحصل على الإزاحة أي المسافة المقطوعة:

600+800=1400 m

المسافة المقطوعة 1400 متر.



القوة

تقاس القوة بوحدة النيوتن newton (N)
القوى مقادير موجهة vector quantities أي لا يُمكن أن تكون هنالك قوة بلا اتجاه.
تأثير القوة:
يُمكن للقوة أن تحرك جسماً ساكناً أو أن تزيد من سرعة جسم متحرك أو أن تغير اتجاه حركته أو أن تبطئ حركته أو أن توقفه كما يمكن للقوة أن تغير من شكل الجسم الخاضع لها .

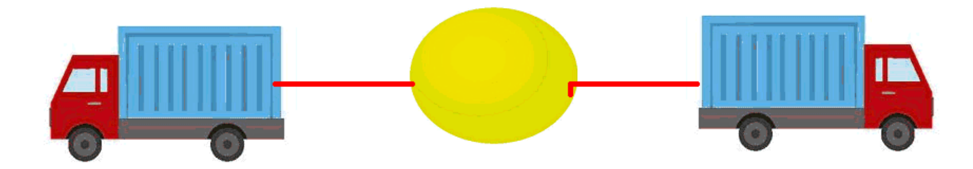
أنماط القوة:
قوى تلامسية Contact forces مثل قوى الدفع و الجذب (السحب) و قوة الاحتكاك .
هنالك قوة احتكاك ساكنة Static friction بين الأجسام الساكنة كقوة الاحتكاك بين البرغي (مسمار ألاووظ) و الصامولة(العزقة) ، كما أن هنالك قوة احتكاك متحركة Kinetic friction بين الأجسام المتحركة كالمسننات مثلاً و هنالك قوة مقاومة الهواء و الماء للأجسام المتحركة حيث يُظهر الهواء و الماء مقاومة للأجسام التي تتحرك ضمنها .

قوى غير تلامسية Noncontact forces مثل قوة الجاذبية المغناطيسية أو الجاذبية الأرضية و قوة جذب الكهرباء الساكنة Electrostatic

تقاس القوة بوحدة النيوتن newton (N) و التي دُعيت بهذا الاسم نسبةً إلى الفيزيائي الإنكليزي إسحق نيوتن ، و يعرف النيوتن بأنه القوة اللازمة لتحريك واحد كيلو غرام مسافة مترٍ واحدٍ في الثانية $1\ m/s^2$.

قوى ردة الفعل
لكل فعلٍ ردة فعل تساويه في القوة و تعاكسه في الاتجاه.

عندما تؤثر قوتين متساويتين متعاكستين على الجسم نفسه يُقال عندها بأن هذه القوى متوازنة .



لا يُمكن أن يتحرك جسمٌ تؤثر عليه قوتين متعاكستين إلا إذا كانت إحداهما أكبر من الأخرى أي إذا كانت هاتين القوتين غير متوازنتين.

Resultant forces محصلة القوى الناتجة – القوى الناتجة

عندما تؤثر عدة قوى على جسمٍ ما في الوقت ذاته فإن قواها المجتمعة تتصرف كقوةٍ واحدة تدعى بمحصلة القوى المجتمعة و يمكن حساب محصلة عدة قوى من خلال تمثيل تلك القوى على شكل أسهم.

عندما تؤثر عدة قوى على جسمٍ ما فإن تأثير يظهر كقوةٍ واحدة هي محصلة القوى Resultant force.

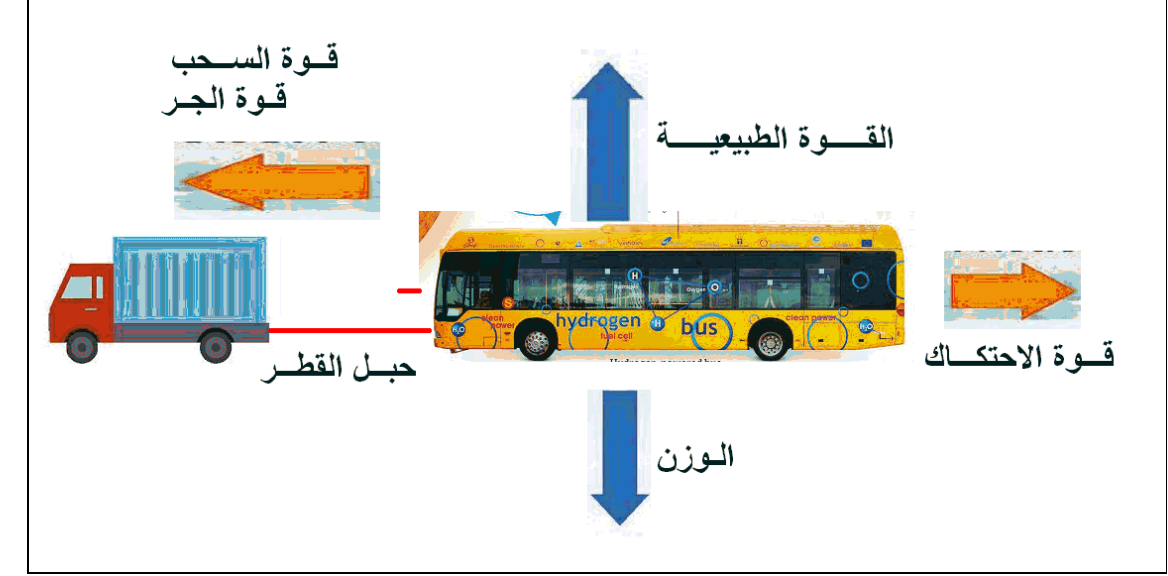
يُمكن تمثيل تأثير عدة قوى على جسمٍ ما من خلال مخطط الجسم الحر free body diagram .

عندما تؤثر قوتين في الاتجاه ذاته فإن بإمكاننا أن نحسب محصلة هاتين القوتين من خلال جمعهما معاً.

عندما تؤثر قوتين باتجاهين متعاكسين فإن بإمكاننا أن نحسب محصلة هاتين القوتين من خلال طرح القوة الصغرى من القوة الكبرى.

تحليل عملية قيام شاحنة بقطر باص

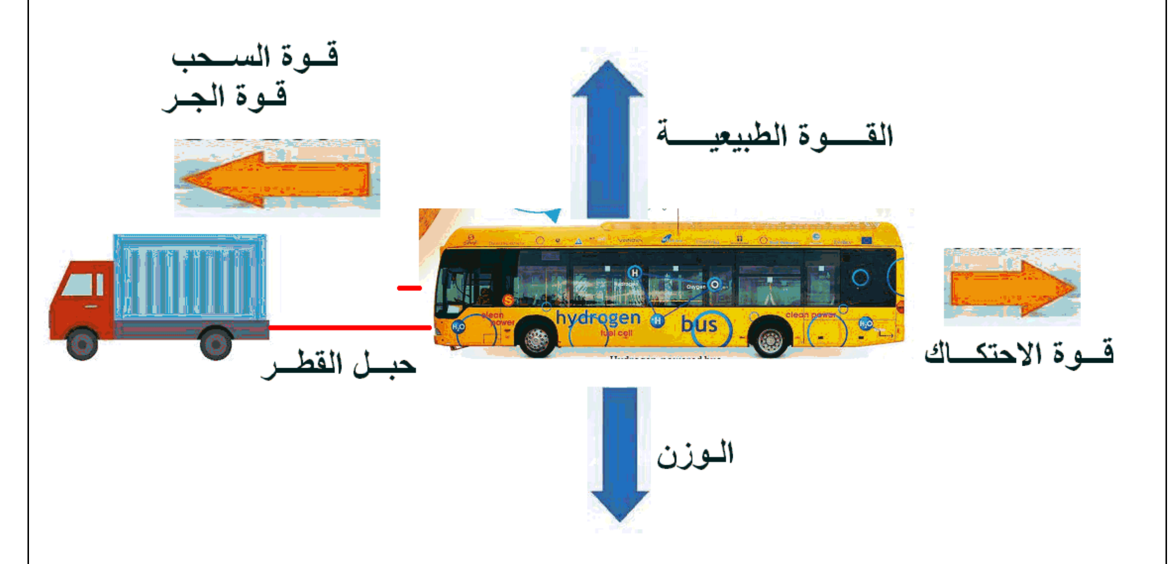
يضغط الباص نحو الأسفل أي نحو الأرض و توازن هذه القوة الضاغطة نحو الأسفل قوة ردة فعلٍ تدعى بالقوة الطبيعية normal force تتجه من الأرض نحو الأعلى.



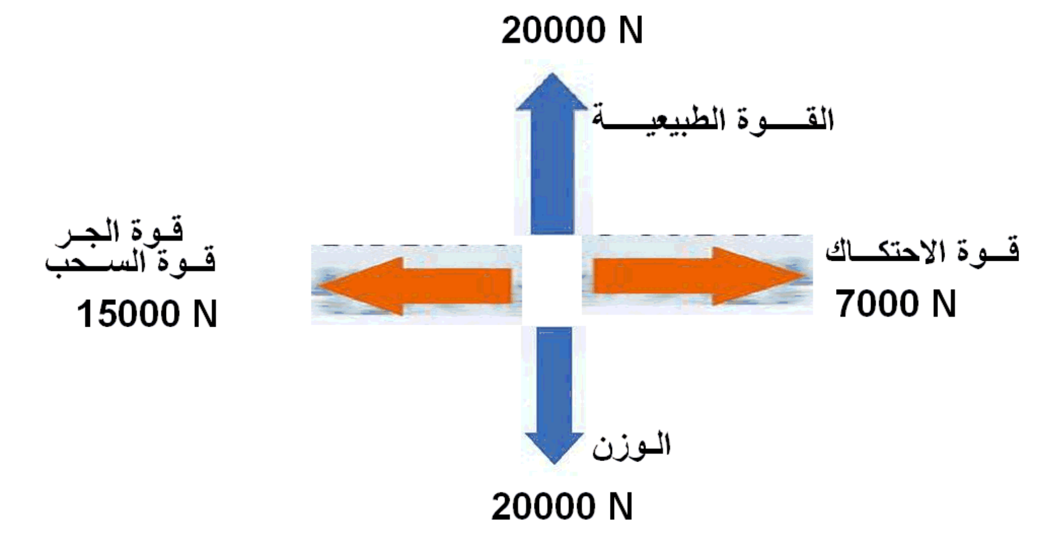
تقوم السيارة التي تقطر الباص بتشكيل قوة جرٍ تدعى بقوة التوتر و هذه القوة تتركز في حبل القطر.

تُشكل قوة الاحتكاك ما بين عجلات الباص و الأرض قوةً معاكسة لقوة الجر الأمامية تدفع الباص نحو الخلف.

إذا كانت قوة السحب أكبر من قوة الاحتكاك ما بين عجلات الباص و الأرض فإن ذلك يؤدي إلى تشكيل محصلة قوى resultant force تؤدي إلى تسارع الباص نحو الأمام.



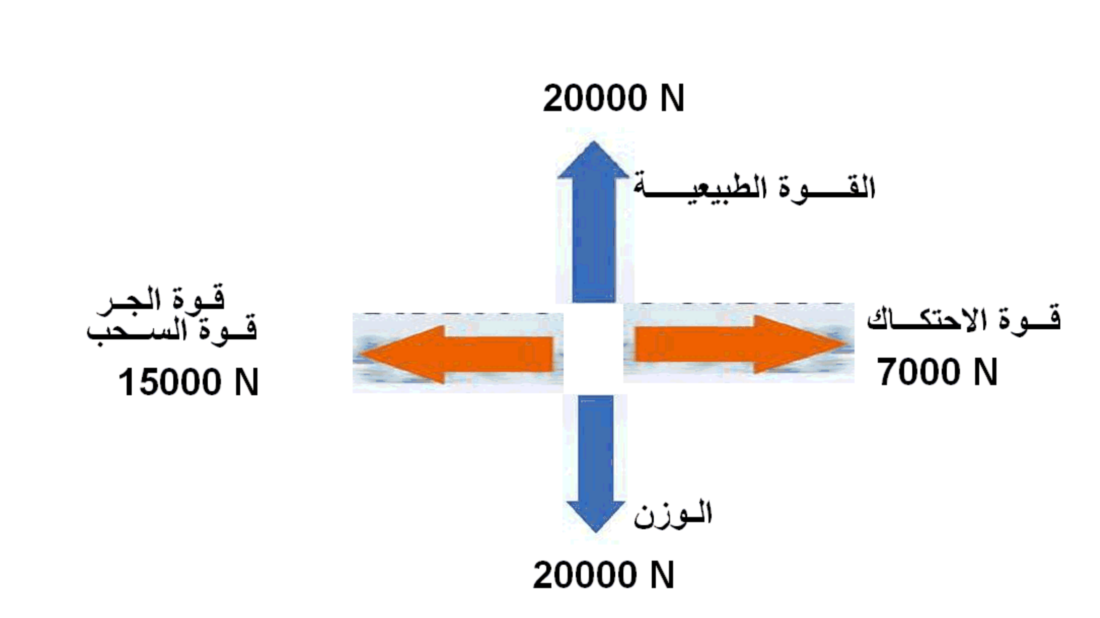
مخطط الجسم الحر Free body diagram الخاص بالعملية السابقة:



تطبق الشاحنة على الباص قوة جر أمامية تبلغ 15000 N نيوتن .
هنالك قوة احتكاك معاكسة لقوة الجر تبلغ 7000 N نيوتن.
محصلة هاتين القوتين المتعاكستين مباشرة أي قوة الجر الأمامية و قوة الاحتكاك الخلفية:
15000 N– 7000 N=8000 N.

عندما تكون لدينا قوتين متعاكستين فإن محصلتهما تكون ناتج طرح أصغرهما من أكبرهما أما جهتهما فتكون جهة القوة الكبرى منهما.

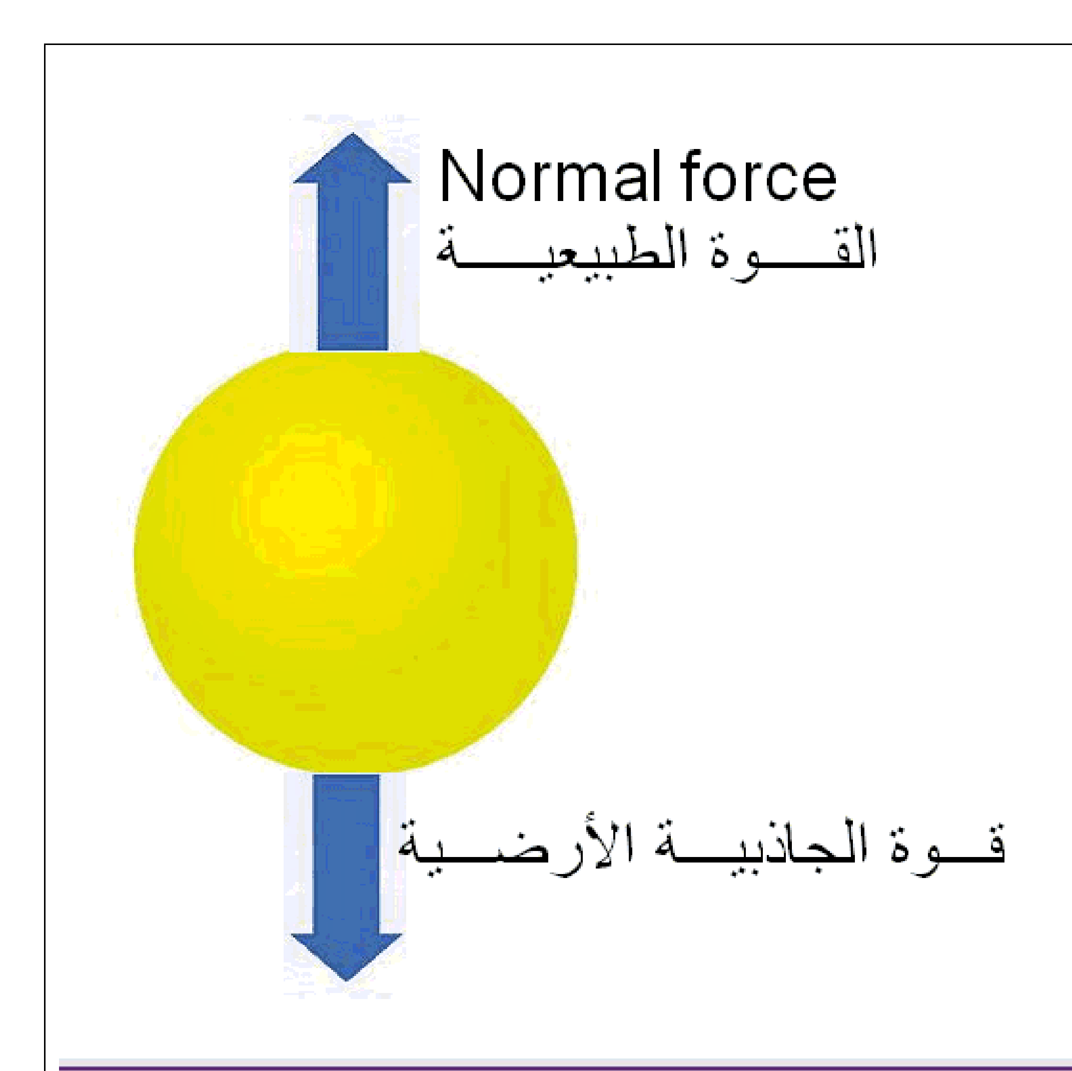
محصلة القوتين السابقتين تبلغ 8000 N و جهتها جهة أمامية تؤدي إلى تحرك الباص نحو الأمام.



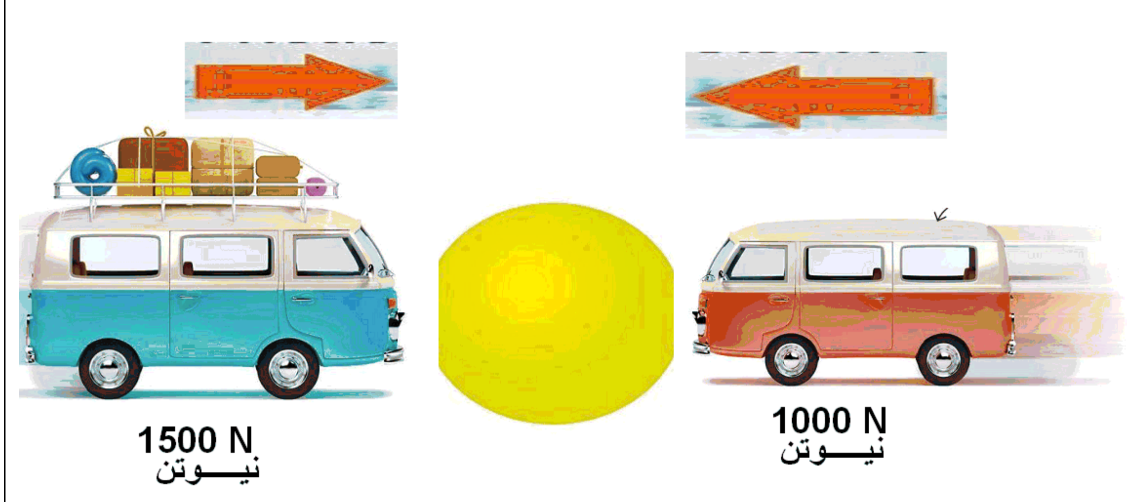
إن كلاً من وزن الباص الذي يبلغ 20000 N نيوتن الذي يضغط نحو الأسفل و القوة الطبيعية Normal force المعاكسة لوزن الباص و التي تتجه نحو الأعلى هما قوتين متساويتين تماماً من حيث القيمة (تبلغ كلٌ منهما 20000 N نيوتن) غير أنهما متعاكستين من حيث الاتجاه.

مخطط الجسم الحر Free body diagram

مخطط الجسم الحر هو مخططٌ يُبين القوى التي تؤثر على جسمٍ ما ، و يُمكن لنا في مخطط الجسم الحر أن نرسم ذلك الجسم على شكل نقطةٍ أو مربع ، بينما نقوم بتمثيل القوى التي تؤثر في ذلك الجسم على شكل أسهمٍ مسماة تنطلق من ذلك الجسم.



تقوم سيارتين بدفع كرة ضخمة باتجاهين متعاكسين؛ السيارة الأولى تضغط على الكرة بقوة 1000 N نيوتن بينما تضغط السيارة الثانية على الكرة بقوة 1500 N نيوتن.
ما هي محصلة هاتين القوتين؟



نرسم مخطط الجسم الحر للقوى التي تؤثر على الكرة :

1500N نيوتن 1000 N نيوتن

محصلة قوتين متعاكستين مباشرة هي ناتج طرح القوة الصغرى من القوة الكبرى :

1500 – 1000 = 500 N

500 N نيوتن هي محصلة هاتين القوتين.

جهة قوتين متعاكستين هي جهة القوة الكبرى و بما أن القوة اليسرى هي القوة الكبرى و هي تدفع نحو الجهة اليمنى فذلك يعني بأن محصلة هاتين القوتين المتعاكستين تتجه نحو الجهة اليمنى .



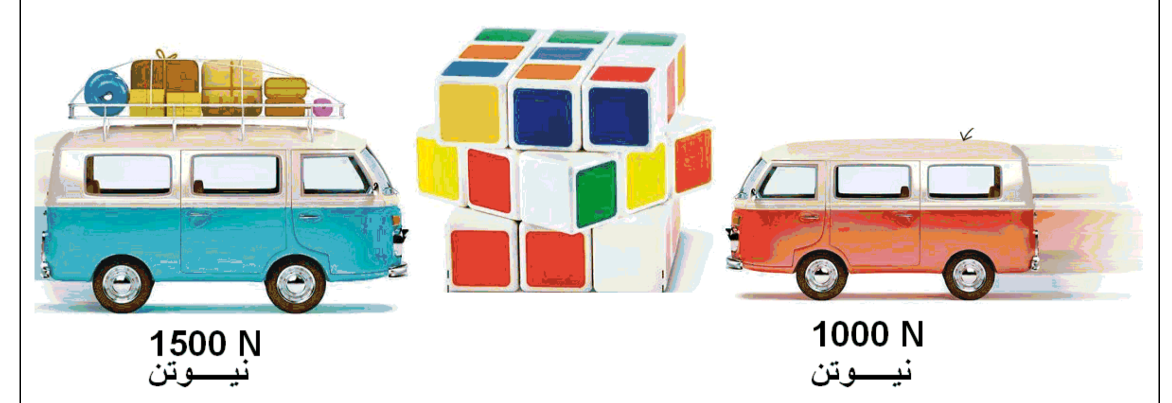
عند رسم مخطط الجسم الحر اجعل طول السهم متناسباً مع حجم القوة : مثل كل عدد من النيوتنات بسنتيمتر واحدٍأو مليمتر واحد مثلاً حسب مقدار القوة.

دائماً اجعل الأسهم التي تمثل القوى المؤثرة تتجه نحو الخارج .

إياك أن تجعل الأسهم التي تمثل القوى المؤثرة تتجه نحو الداخل حتى و إن كانت القوتين تضغطان نحو الجسم كما في مثال الشاحنتين و الكرة.

تقوم سيارتين بدفع مكعبٍ ضخم من جهتين غير متقابلتين و بزاوية قائمة ؛ السيارة الأولى تضغط بقوة 1000 N نيوتن بينما تضغط السيارة الثانية بقوة 1500 N نيوتن.

ما هي محصلة هاتين القوتين؟



عندما لا تؤثر مجموعة قوى في جسمٍ على شكل خطٍ مستقيم أي عندما لا تؤثر تلك القوى في الجسم بشكلٍ متقابل عندها يُمكننا جمع تلك القوى عن طريق رسم مخططٍ مدرج scale diagram.

انتبه إلى أن هاتين السيارتين لا تضغطان على المكعب من جهتين متقابلتين و إنما فإنهما تضغطان على المكعب من جهتين متجاورتين غير متقابلتين.

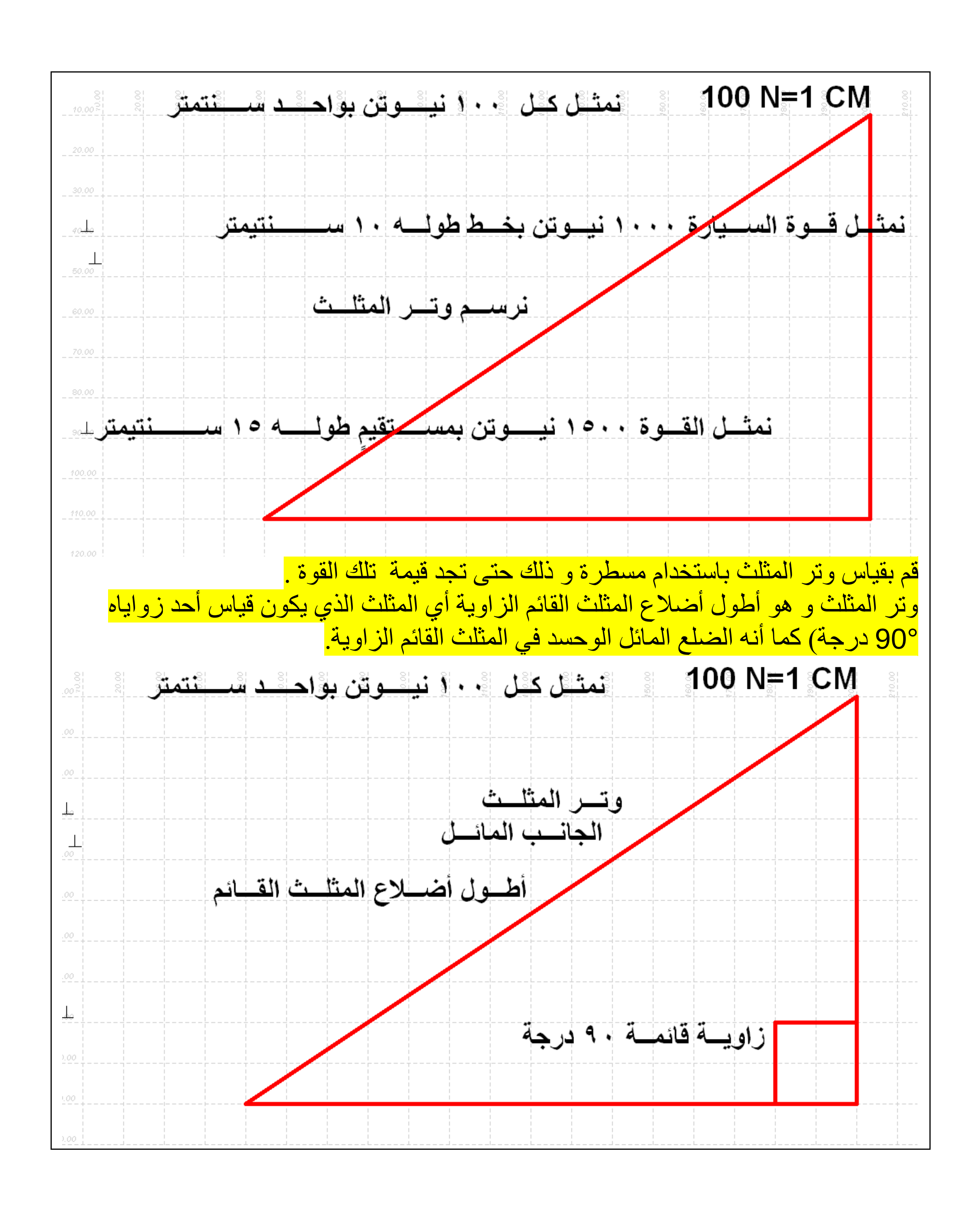
نمثـل كـل ١٠٠ نيـــوتن بواحـــد ســـنتمتر

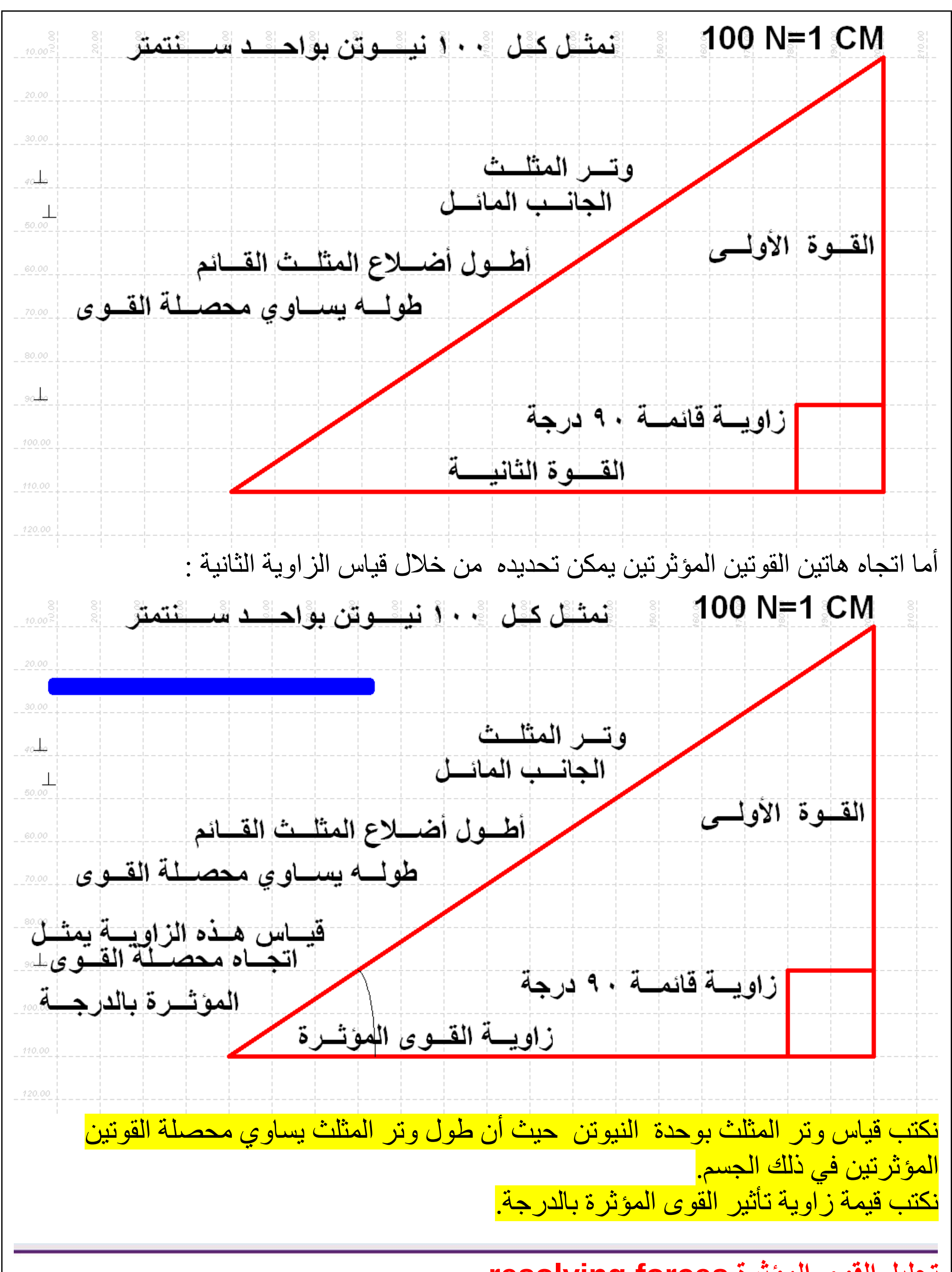
نمثــل قـــوة الســيارة ١٠٠٠ نيــوتن بخــط طولـــه ١٠ ســــنـ

نمثـل كـل ١٠٠ نيـــوتن بواحـــد ســـنتمتر

نمثــل قـــوة الســيارة ١٠٠٠ نيــوتن بخــط طولـــه ١٠ ســـــــنتيمتر

نمثـل القـــوة ١٥٠٠ نيـــوتن بمســـتقيمٍ طولـــه ١٥ ســــــنتيمتر


100 N=1 CM
نمثـل كـل ١٠٠ نيــوتن بواحــد ســنتمتر
نمثــل قــوة الســيارة ١٠٠٠ نيــوتن بخــط طولــه ١٠ ســـــنتيمتر
نرســم وتــر المثلــث
نمثــل القــوة ١٥٠٠ نيــوتن بمســتقيم طولــه ١٥ ســـــنتيمتر
قم بقياس وتر المثلث باستخدام مسطرة و ذلك حتى تجد قيمة تلك القوة .
وتر المثلث و هو أطول أضلاع المثلث القائم الزاوية أي المثلث الذي يكون قياس أحد زواياه 90° درجة) كما أنه الضلع المائل الوحيد في المثلث القائم الزاوية.
100 N=1 CM
نمثـل كـل ١٠٠ نيــوتن بواحــد ســنتمتر
وتــر المثلــث
الجانــب المائــل
أطــول أضــلاع المثلــث القــائم
زاويــة قائمــة ٩٠ درجة



أما اتجاه هاتين القوتين المؤثرتين يمكن تحديده من خلال قياس الزاوية الثانية :

نكتب قياس وتر المثلث بوحدة النيوتن حيث أن طول وتر المثلث يساوي محصلة القوتين المؤثرتين في ذلك الجسم.

نكتب قيمة زاوية تأثير القوى المؤثرة بالدرجة.

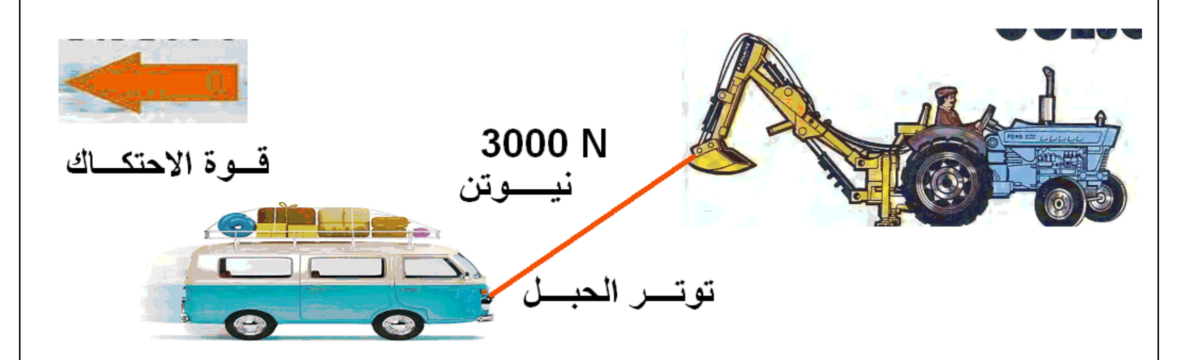
تحليل القوى المؤثرة resolving forces

يكون تأثير القوى أكثر قابليةً للفهم عندما تؤثر تلك القوى بزاوية قائمة مع بعضها البعض ، غير أن القوى لا تؤثر دائماً بزاوية قائمة 90° درجة مع بعضها البعض ، و لذلك عندما تؤثر قوةً ما بزاوية غير قائمة (لا تساوي 90° درجة) فإن بإمكاننا أن نحلل تلك القوة إلى مكونين يتوضعان بزاوية قائمة 90° غير أن مجموع أثرهما يساوي تلك القوة منفردة و هذه الطريقة من طرق قياس القوة تعرف بطريقة تحليل القوة.

يمكن تحليل القوة الواحدة إلى قوى مركبة تؤثر بزاوية قائمة 90° درجة ببعضها البعض.

يمكن تحليل القوى عن طريق رسم مخططٍ مدرج (مقسم إلى مربعات) أو باستخدام القياسات المثلثية .

قام هذا الجرار بسحب سيارة بقوةٍ تبلغ 3000 N نيوتن و بزاوية مقدارها 30 درجة بالنسبة للأرض .



كما نرى فإن القوة التي يؤثر بها الجرار على السيارة هي قوةُ مركبة تتألف من قوتين : قوة أفقية و قوة عمودية ذلك أن الجرار يقوم بسحب السيارة نحو الأمام و نحو الأعلى في الوقت ذاته و ذلك بقوةٍ تبلغ 3000 n نيوتن.

تمثل هذه الحالة حالة معاكسة للمسألة التي مرت معنا سابقاً في المسألة السابقة كان يتوجب علينا إيجاد محصلة قوتين إحداهما عمودية و الثانية أفقية و لذلك فقد قمنا بتمثيل كل عددٍ معين من نيوتنات القوة الأفقية بعددٍ من السنتمترات و رسمنا خطاً أفقياً يتناسب قياسه مع عدد نيوتنات القوة ثم قمنا بتمثيل القوة العمودية بمستقيمٍ يتعامد مع المستقيم الأفقي و يتناسب طوله بالسنتمتر مع عدد نيوتنات القوة العمودية و بعد ذلك وصلنا بين نهايتي هذين الخطين فحصلنا على و تر مثلث طوله بالسنتمترات يتناسب مع نيوتنات محصلة هاتين القوتين أما زاويته فهي تمثل زاوية تأثير القوة.

أما في هذه المسألة فإننا نعرف قيمة محصلة القوتين الأفقية و العمودية 3000 N نيوتن و نعرف زاوية تأثير القوة 30° درجة و لكننا لا نعرف مقدارَ كلٍ من القوة الأفقية و القوة العمودية .



إذاً فإننا نعرف قيمة محصلة هاتين القوتين 3000 N نيوتن و نعرف زاوية تأثير القوة 30 درجة و المطلوب معرفة قيمة كلٍ من القوة الأفقية و القوة العمودية.

لحل هذه المسألة :

نعتبر مثلاً بأن كل 100 N نيوتن تساوي 1 سنتمتر و نرسم وتراً مائلاً بزاوية قدرها 30 درجة و يبلغ طوله 30 سنتمتر لأننا اعتبرنا بأن كل 100 N نيوتن تساوي واحد سنتمتر و بالتالي فإن 3000 N نيوتن تساوي 30 سنتمتر.

لماذا فعلنا ذلك؟

لأننا نمثل محصلة قوتين بوتر مثلث حيث يمثل طوله محصلة هاتين القوتين أما زاوية ميلا نه فهي زاوية تأثير القوتين.

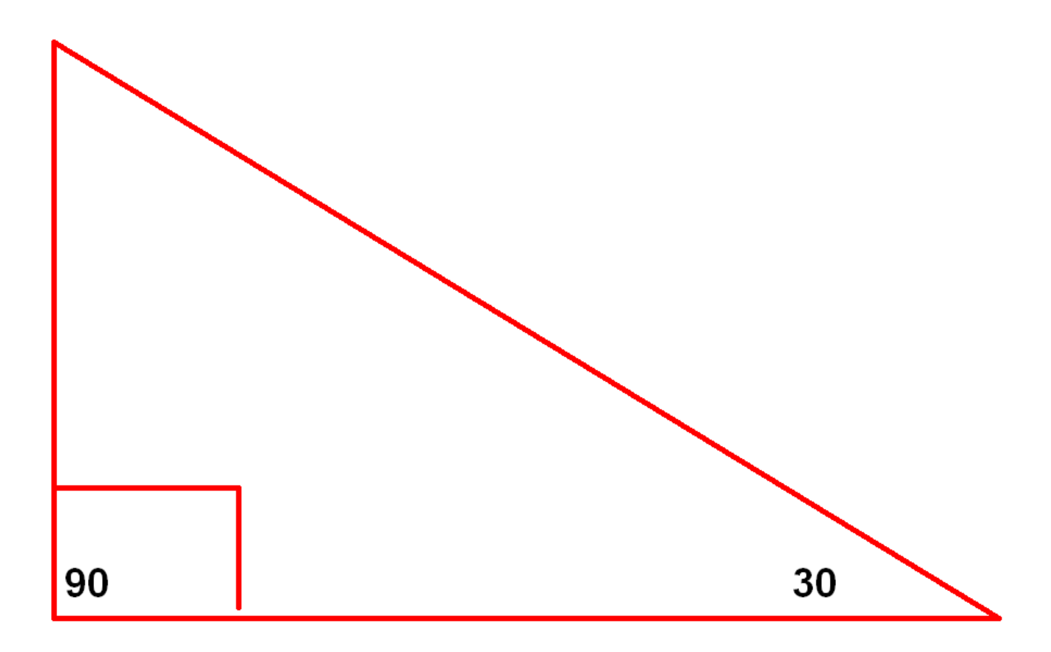
أنت غير ملزم أبداً بأن تعتبر بأن كل 100 N نيوتن تساوي 1 سنتمتر إذا يمكنك أن تختار أي وحدة قياس أوأي قيمة أخرى شر ط أن تكون وحدة قياس للأطوال.

نرســم و تــراً مــائلاً بمقــدار ٣٠ درجة

هــذا الوتــر يمثــل محصــلة القــوتين

الأفقيـــة و العموديـــة

نكمل الوتر الذي رسمناه إلى مثلثٍ قائم الزاوية عن طريق رسم ضلعين آخرين للمثلث بناءً على طول الوتر بحيث يلتقي هذين الضلعين بزاويةٍ قائمة يبلغ قياسها 90° درجة.

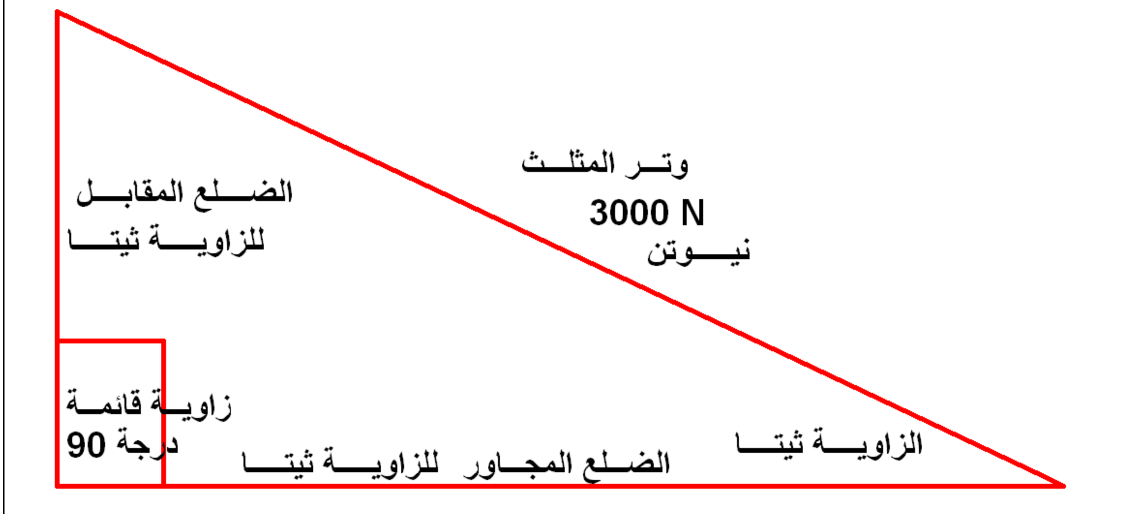


كل ما علينا فعله الآن هو أن نقوم بقياس ضلعي المثلث الآخرين الذين قمنا برسمهما لإكمال المثالث القائم الزاوية و تحويل السنتمترات إلى نيوتنات .
كيف أحول السنتمترات أو الميليمترات إلى نيوتنات؟
أقوم بتحويل السنتيمترات أو الميليمترات إلى نيوتنات بالطريقة ذاتها التي قمت فيها بتحويل نيوتنات محصلة القوة إلى سنتيمترات أو ميليمترات أي أنني كما افترضت بأن 3000 نيوتن تساوي 30 سنتمتر فإننا أقوم بتحويل قياس ضلعي المثلث الآخرين إلى نيوتنات بالنسبة ذاتها أي أنني كما اعتبرت في البداية بأن كل واحد سنتيمتر يساوي 100 Nفإنني أقوم بتحويل طولي ضلعي المثلث الآخرين من سنتمتر أو ميليمتر إلى نيوتن بالنسبة ذاتها التي قمت بها أول مرة و بالتالي فإنني من خلال طول ضلع المثلث القائم بالسنتمتر أو الميليمتر أعرف مقدار القوة العمودية المؤثرة ،و من خلال طول الضلع الأفقي بالسنتيمتر أو الميليمتر أعرف مقدار القوة الأفقية المؤثرة بالنيوتن.
و بذلك فإننا عن طريق معرفة قيمة محصلة قوتين (بالنيوتن) و زاوية محصلة تلك القوة نستطيع رسم وترٍ يمثل محصلة هاتين القوتين بالميليمتر أو السنتيمتر و عن طريق إكمال هذا الوتر و تلك الزاوية إلى مثلثٍ قائم الزاوية فإننا من خلال طول ضلعه الأفقي بالميليمتر أو السنتيمتر نستطيع معرفة مقدار القوة الأفقية المؤثرة بالنيوتن و من خلال طول ضلعه العمودي نستطيع معرفة مقدار القوة العمودية المؤثرة بالنيوتن.

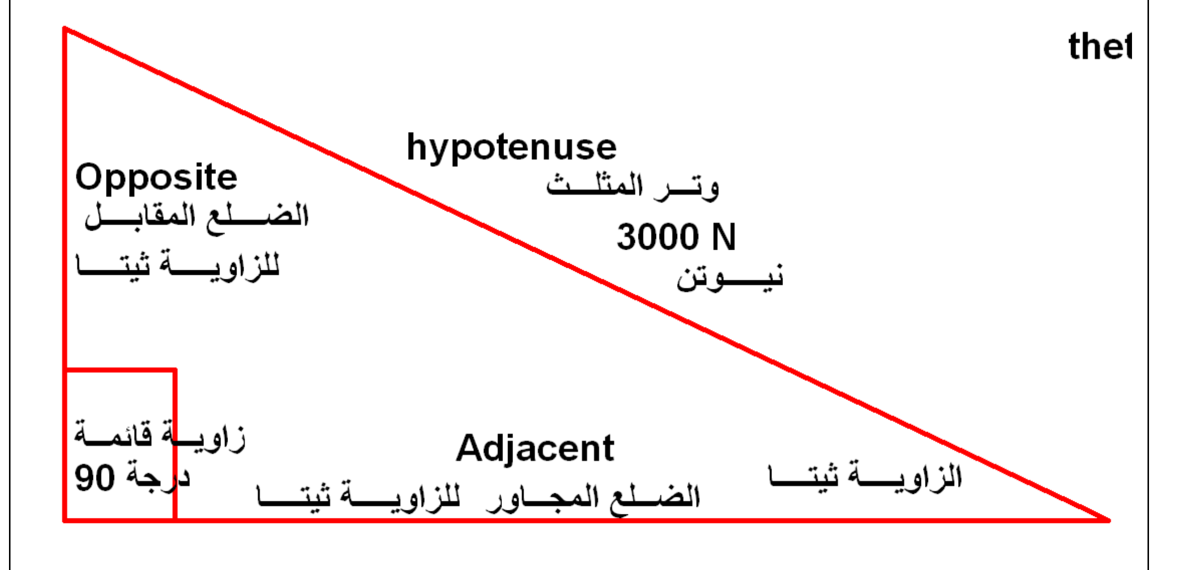
القياسات المثلثية trigonometry

مر معنا سابقاً بأنه يمكن تحليل القوى من خلال استخدام الرسوم البيانية المدرجة ، غير أن بإمكاننا حل هذا النوع من المسائل باستخدام طريقةٍ أسرع و أكثر دقة و ذلك باستخدام تقنية القياسات المثلثية trigonometry .
و على سبيل المثال فإن بإمكاننا أن نحسب المكون العمودي لقوة توتر الحبل و ذلك باستخدام قياس جيب الزاوية (الساين) sine formula و هو الأمر الذي يُمكننا من تحديد طول ارتفاع

المثلث القائم الزاويةright-angled triangle أي المثلث الذي يحوي زاويةً قائمة أي زاويةً يبلغ قياسها 90° درجة و ذلك إذا علمنا زاوية ميلان وتر المثلث أي الزاوية ثيتا θ
و طول وتر المثلث hypotenuse ، (وتر المثلث لمن لا يعلم هو أطول ضلعٍ في المثلث القائم الزاوية كما أن الضلع المائل الوحيد في المثلث القائم الزاوية)



thet



معادلة الزاوية ثيتا θ

جيب الزاوية ثيتا = $\frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الوتر}}$

$$\text{Sin } \theta = \frac{opposite}{hypotenuse}$$

و كما تعلمنا سابقاً فإننا نعيد ترتيب المعادلة بحيث نجعل مطلوب أو مجهول المسألة هو ذاته مطلوب أو مجهول المعادلة و بذلك فإننا نخرج ذلك المجهول و نستبعده من العمليات الجارية التي تهدف لحسابه إذ أن إجراء العمليات الحسابية عندما يكون أحد أطراف العملية الحسابية مجهولاً يصبح أكثر صعوبة.

و بذلك فإن معادلتنا السابقة:

جيب الزاوية ثيتا = $\frac{\text{الضلع المقابل}}{\text{الوتر}}$

$$\text{Sin } \theta = \frac{opposite}{hypotenuse}$$

تُصبح على الصورة التالية:

opposite = hypotenuse × sin θ

$$A = \frac{B}{C} \rightarrow C = A \times B$$

$$50 = \frac{100}{2} \rightarrow 100 = 50 \times 2$$

الضلع المقابل=الوتر × جيب الزاوية ثيتا θ

3000 N× sin 30°=1500 N

1500 N نيوتن هي قوةالضلع المقابل أي هي مقدار قوة القوة العمودية.

حساب جيب الزاوية ثيتا باستخدام الآلة الحاسبة

أدخل طول وتر المثلث.

نضغط زر شارة الضرب ×.

ندخل قياس الزاوية ثيتا.

نضغط زر حساب جيب الزاوية SIN .

نضغط زر شارة المساواة = .

حساب جيب الزاوية ثيتا باستخدام الآلة الحاسبة

أدخل طول وتر المثلث 3000 N نيوتن ؛ فقط ندخل الرقم 3000 .

نضغط زر شارة الضرب ×.

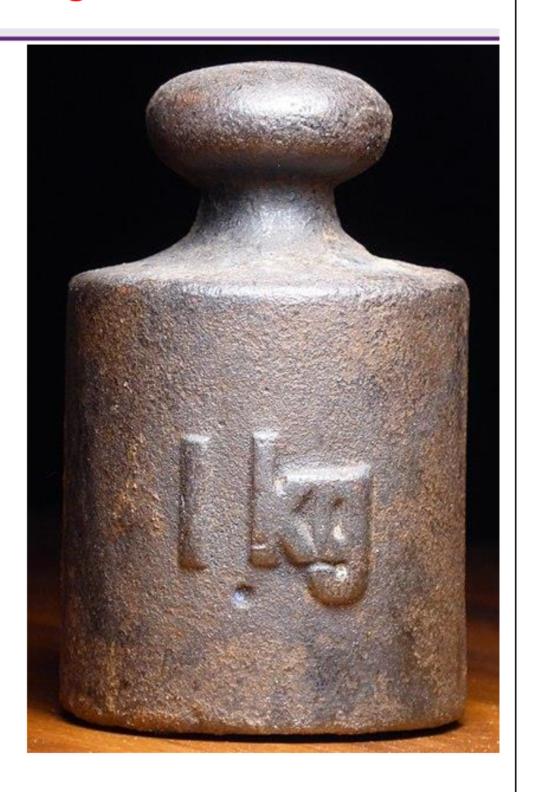
ندخل قياس الزاوية ثيتا. 30° درجة.

نضغط زر حساب جيب الزاوية SIN .

نضغط زر شارة المساواة = .

نحصل على النتيجة

الكتلة Mass و الوزن weight



الوزن و الكتلة ليسا شيئاً واحداً أبداً ففي مجال العلوم نستخدم وحدة الكيلو غرام لقياس الكتلة و ليس الوزن ، و الكتلة هي مقدار المادة الموجودة في جسمٍ ما بغض النظر عن أي عاملٍ آخر .
أما الوزن فهو مقدار جذب قوة الجاذبية لجسمٍ ما و لذلك فإن الوزن قوةٌ موجهة و هو يقاس بوحدة النيوتن newton و ليس بوحدة الكيلو غرام .
الوزن هو القوة التي تؤثر على جسمٍ ما بتأثير الجاذبية الأرضية .
تُقاس الكتلة بوحدة الكيلو غرام.
يقاس الوزن بوحدة النيوتن.
يُمكن قياس الوزن باستخدام مقياس القوة force meter أي مقياس النيوتن newton meter .
يُمكن قياس الوزن اعتماداً على كلٍ من الكتلة و قوة الجاذبية الأرضية.
يُمكن قياس الوزن باستخدام مقياس القوة أو مقياس النيوتن و الذي هو عبارةٌ عن نابضٍ يستطيل بتأثير الثقل و الجاذبية الأرضية على امتداد مسطرة مدرجة مرقمة تُبين لنا مقدار استطالة ذلك النابض.



بما أن وزن جسمٍ ما يعتمد على مقدار الجاذبية الأرضية فإن وزن الجسم يختلف من كوكبٍ لآخر حسب قوة جاذبية ذلك الكوكب، أما كُتلة الجسم فهي ثابتة لأنها تتعلق فقط بمحتوى الجسم من المادة و لا ترتبط أبداً بأي عاملٍ خارجي كالجاذبية مثلا.

معادلة حساب الوزن

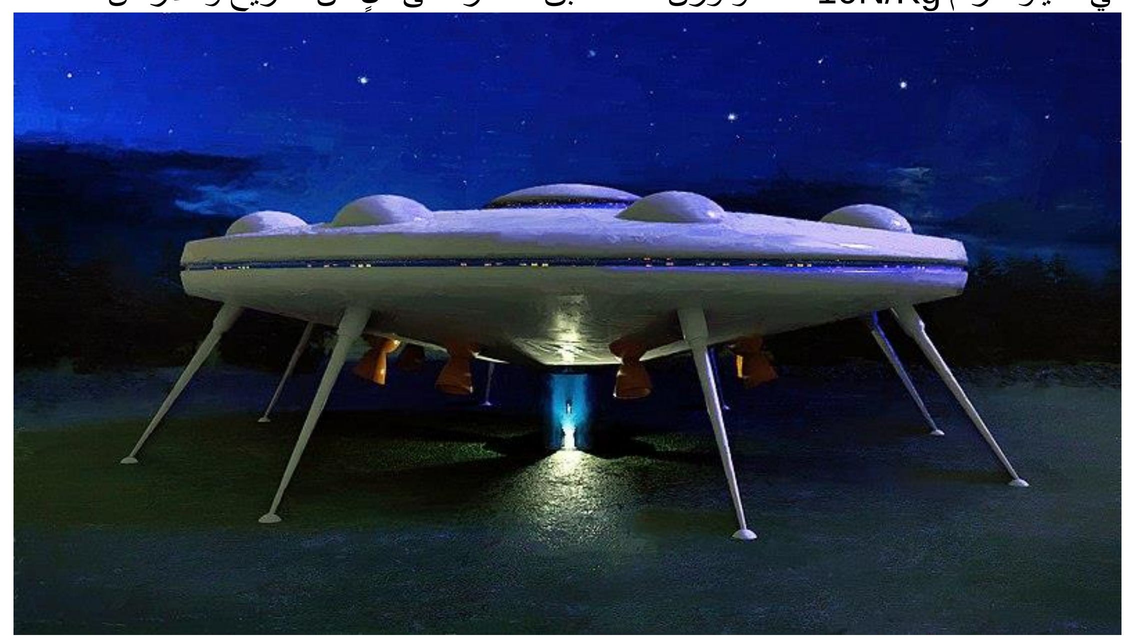
الوزن (بالنيوتن) = الكتلة(كيلو غرام) × الجاذبية الأرضية (نيوتن \كيلوغرام).

weight (N) = mass (kg) × gravitational field strength (N/kg)

g = قوة حقل الجاذبية

تبلغ قوة حقل الجاذبية الأرضية g على سطح الأرض عشرة نيوتن في الكيلو غرام 10N/Kg

هبط طبقٌ طائر على سطح كوكب المريخ ثم هبط بعد ذلك على كوكب الأرض فإذا كانت كتلة هذا الطبق الطائر 35000 كيلو غرام و إذا كانت قوة الجاذبية على كوكب المريخ تبلغ 3.7 N/Kg نيوتن على الكيلو غرام و إذا كانت قوة الجاذبية على كوكب الأرض تبلغ عشرة نيوتن في الكيلو غرام 10N/Kg فما هو وزن هذا الطبق الطائر على كلٍ من المريخ و الأرض؟



وزن الطبق الطائر على كوكب المريخ:

الوزن (بالنيوتن) = الكتلة(كيلو غرام) × قوة الجاذبية (نيوتن \كيلو غرام).

الكتلة(كيلو غرام) × قوة الجاذبية (نيوتن \كيلو غرام) = الوزن (بالنيوتن)

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

35000kg×3.7 N/Kg=129500 N

إذاً فإن وزن الطبق الطائر على كوكب المريخ يبلغ 129500 N نيوتن.

وزن الطبق الطائر على سطح الأرض:
الوزن (بالنيوتن) = الكتلة(كيلو غرام) × قوة الجاذبية (نيوتن \كيلو غرام).
الكتلة(كيلو غرام) × قوة الجاذبية (نيوتن \كيلو غرام) = الوزن (بالنيوتن)
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:
35000 Kg×10 N/Kg=350000 N.
وزن الطبق الطائر على كوكب الأرض يبلغ 350000 N نيوتن.

النوابض

قانون هوك Hooke's law

و فقاً لقانون هوك فإن التغير في استطالة نابض يتناسب طردياً مع القوة المطبقة على ذلك النابض ، فإذا تضاعفت القوة المطبقة على نابض فإن استطالة النابض تتضاعف كذلك.
ينطبق قانون هوك لغاية نقطةٍ أو حدٍ يدعى بحد التناسب limit of proportionality .
عندما نطبق قوةً ما على نابضٍ أو جسمٍ مرن فإن ذلك يؤدي إلى تخزين تلك القوة على شكل طاقةٍ مرنة كامنة elastic potential energy في ذلك النابض أو في ذلك الجسم المرن.
لا تستطيل جميع النوابض بالدرجة ذاتها حيث يرتبط معدل استطالة النابض بعاملٍ يُدعى بثابت النابض .
يستطيل النابض وفق المعادلة التالية:
force (N) = spring constant (N/m) × extension (m)
القوة المطبقة على النابض (بالنيوتن) = ثابت النابض (نيوتن\متر) × استطالة النابض(متر)
F(N)=K (N/m)×X
حيث X تمثل استطالة النابض (بالمتر).
spring constant (N/m) ثابت النابض(نيوتن\متر).
يختلف ثابت النابض من نابضٍ لآخر ، غير أنه كلما كانت قيمة ثابت النابض K أعلى كان ذلك النابض أكثر صلابةً.

حساب ثابت النابض K اعتماداً على مقدار استطالة النابض

يستطيل نابضٌ بمقدار 10 سنتمتر عندما نُطبق عليه قوة مقدارها 4 N نيوتن.
احسب ثابت ذلك النابض.
لحساب ثابت نابضٍ ما فإننا نُطبق المعادلة التي مرت معنا سابقاً :
يستطيل النابض وفقً المعادلة التالية:
force (N) = spring constant (N/m) × extension (m)
القوة المطبقة على النابض (بالنيوتن) = ثابت النابضK (نيوتن\متر) × استطالة النابض(متر)
F(N)=K (N/m)×X
و كما تعلمنا سابقاً فإننا نقوم بإعادة ترتيب المعادلة بحيث يُصبح مجهول و مطلوب المسألة هو ذاته مجهول و مطلوب المعادلة و بهذه الطريقة فإننا نُخرج العنصر المجهول من العمليات.
نقوم بإعادة ترتيب عناصر المعادلة حتى نجعل عامل تمدد النابض K هو موضوع و مطلوب المعادلة كما أنه مطلوب و مجهول المسألة:
القوة المطبقة على النابض (بالنيوتن) = ثابت النابضK (نيوتن\متر) × استطالة النابض(متر)

$F(N)=K\ (N/m)\times X$

لدينا عملية ضرب اعتيادية تحوي عنصراً مجهولاً نقوم بقلبها إلى عملية قسمة حتى يُصبح موضوعها و مطلوبها و ناتجها هو الطرف المجهول و لهذا السبب فإننا نقسم نتيجة عملية الضرب (القوة) F على الطرف المعلوم لنحصل على الطرف المجهول.

$A=B\times C\rightarrow B=\frac{A}{C}$

$8=2\times 4\rightarrow 2=\frac{8}{4}$

و بذلك فإننا نقسم النتيجة و التي هي القوة F المطبقة على النابض (نيوتن) على استطالة النابض X (بالمتر) لنحصل على مجهول المعادلة الذي هو ثابت النابض K .

و لكن علينا الانتباه إلى أن استطالة النابض مُعطاةٌ في المعادلة بوحدة المتر و ليس بالسنتيمتر و لذلك يتوجب علينا أن نقوم بتحويل السنتيمتر إلى متر و إلا فإن النتيجة سوف تكون خاطئة.

كل واحد متر يساوي 100 سنتيمتر ← كل 10 سنتيمتر تساوي عشرة بالمئة من المتر 0.10m .

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

ثابت النابض k = $\frac{\text{القوة بالنيوتن}}{\text{استطالة النابض}}$

$K=\frac{4\ N}{0.10\ m}=40\ N/m$

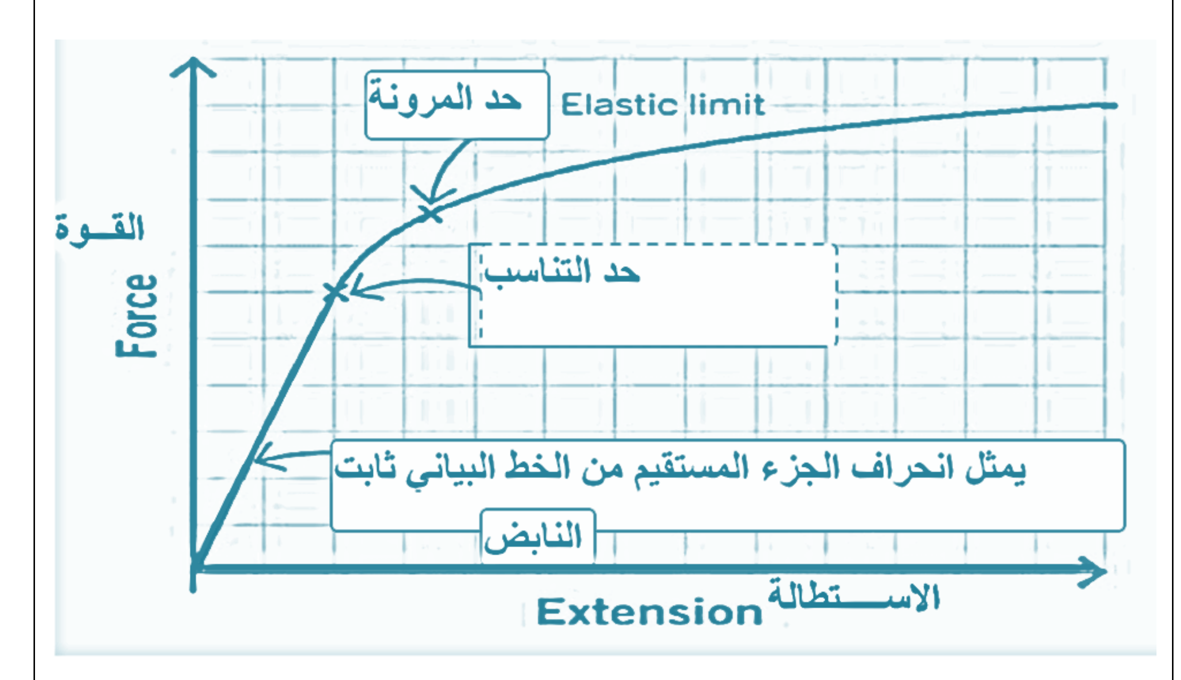
أي أن ثابت النابض k يساوي 40 نيوتن\المتر.

يعتبر قانون هوك Hooke's law نافذاً حتى حدٍ معين يدعى بحد التناسب limit of proportionality حيث لا ينطبق قانون هوك بعد تجاوز ذلك الحد و حيث تصبح العلاقة بعد تجاوز هذا الحد ما بين استطالة النابض و القوة المُطبقة عليه غير خطية nonlinear.

فإذا تمدد نابضٌ أو أي جسمٍ مرن لأكثر من ذلك الحد فإن شكله يتشوه و يفقد القدرة على العودة إلى شكله و حجمه الأصلي .

إن نقطة اللاعودة هذه تدعى بحد المرونة elastic limit و حد المرونة هذا يختلف من مادةٍ لأخرى.

كما تلاحظون فإنه و قبل الوصول إلى حد التناسب كانت هنالك علاقةٌ خطية و تناسبٌ ما بين مقدار القوة المطبقة على النابض و مقدار استطالة النابض ، و لكن بعد أن تجاوزت القوة الحد المسموح به استطال النابض إلى درجةٍ لا يمكن له بعدها العودة إلى شكله و حجمه الأصلي أي أن النابض قد وصل إلى نقطة اللاعودة و تم فقدان العلاقة الخطية ما بين القوة المطبقة على النابض و بين مقدار استطالته.



التشوه المرن elastic deformation و التشوه الغير مرن inelastic deformation

إذا قمنا بسحب نابضٍ حتى يتمدد ثم عاد إلى وضعه الطبيعي بعد أن نتركه فإن ذلك يُدعى بالتشوه المرن ، و لكننا إذا سحبنا نابضاً حتى يتمدد إلى ما بعد حد مرونته فإن شكله يتغير و يتشوه بشكلٍ دائم و هو ما ندعوه بالتشوه الغير مرن.
هنالك مواد تمتلك حد مرونةٍ منخفض جداً كالصفيح مثلاً فإذا جاوزنا حد مرونتها فإن شكلها يتشوه بشكلٍ دائم بينما هنالك مواد تمتلك حد مرونةٍ مرتفع جداً كالمطاط.

الطاقة المرنة الكامنة Elastic potential energ y

عندما نُطبق قوةً ما على جسمٍ مرن فإن ذلك الجسم المرن يقوم بتخزين طاقةٍ مرنة كامنة و عندما نقوم بتحرير ذلك الجسم المرن فإنه يعود إلى شكله الأصلي بعد أن يقوم بتحرير طاقته المرنة الكامنة محولاً إياها إلى طاقةٍ حركية kinetic energy و ذلك وفق المعادلة التالية:
معادلة حساب الطاقة المرنة الكامنة:

elastic potential energy (J)=$\frac{1}{2}$×spring constant×extension squared.

الطاقة المرنة الكامنة (مقاسةً بالجول) =$\frac{1}{2}$ × ثابت النابض ×مربع الاستطالة.

$E(J)=0.5\times K\times X^2$

شريطٌ مطاطي يبلغ ثابت نابضه 12 N/m نيوتن\متر و يتمدد لمسافة مترين.
احسب الطاقة المرنة الكامنة التي يختزنها ذلك الشريط المطاطي.

نُطبق معادلة حساب الطاقة المرنة الكامنة :

الطاقة المرنة الكامنة (مقاسةً بالجول) =$\frac{1}{2}$ × ثابت النابض ×مربع الاستطالة.

$E(J)=0.5\times K\times X^2$

$E(J)=0.5\times 12\ N/m \times 2m\times 2m=24\ J$

إذاً فإن الطاقة المرنة الكامنة تساوي 24 J جول .

بدلاً من أن أقوم برفع قيمة استطالة النابض X إلى القوة الثانية كما هو مطلوبٌ في المعادلة X^2 فقد قمت بضرب قيمة استطالة النابض بنفسه مرتين $X\times X$.

2m×2m

مترين ضرب مترين

بما أنه لا يُمكن إجراء العمليات الحسابية على الكسور في الآلة الحاسبة قد استبدلت الكسر $\frac{1}{2}$ بالرقم العشري 0.5 خمسة بالعشرة أو نصف لأنهما متساويين في القيمة فالرقم العشري 5 بالعشرة(نصف) 0.5 يساوي الكسر (نصف) $\frac{1}{2}$.

عندما نضرب بالكسر $\frac{1}{2}$ أو الرقم العشري المكافئ 0.5 فكأننا نقسم على 2 .

إن استطالة نابض تتناسب بشكلٍ مباشر مع مقدار القوة المُطبقة عليه.

عنما نطبق قوةً على نابضٍ فإن ذلك يجعل ذلك النابض يتمدد أو ينكمش.

التمدد extension هو زيادة طول جسمٍ ما.

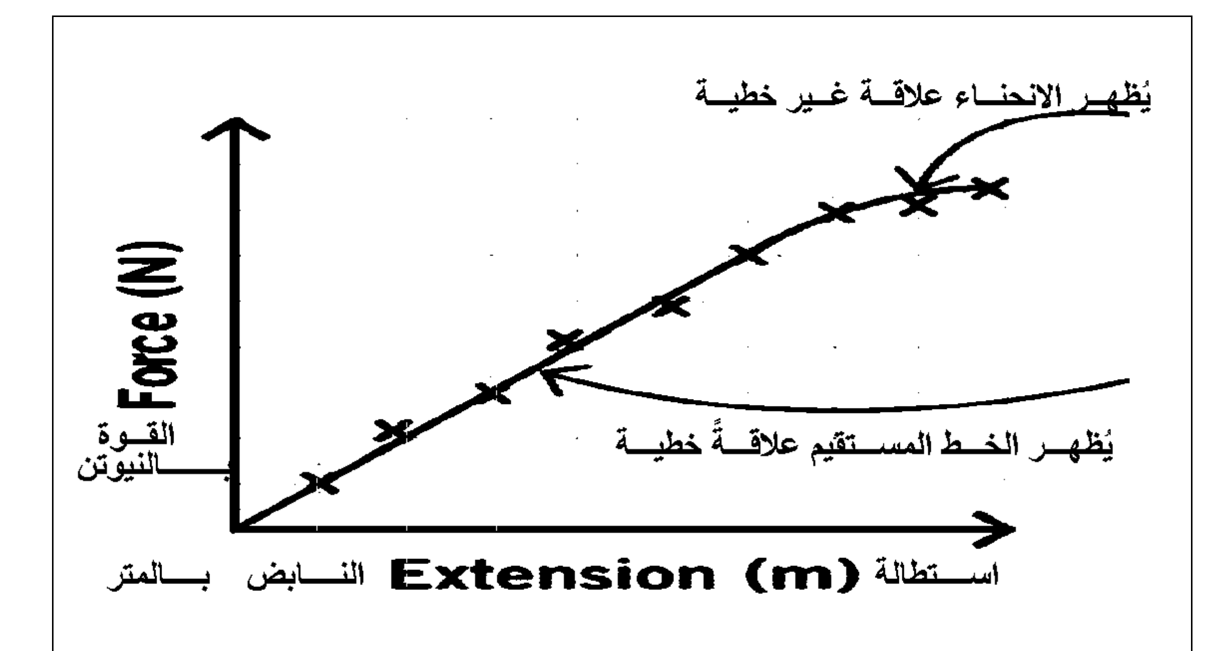
تتناسب استطالة نابضٍ ما بشكلٍ مباشر مع القوة المُطبقة على ذلك النابض.

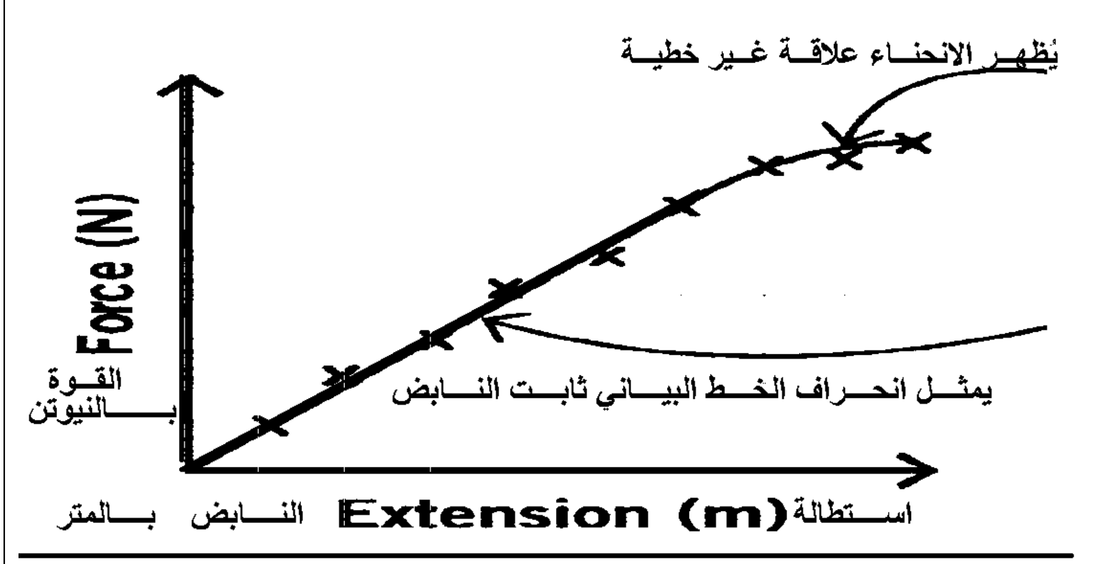
تمثيل استطالة نابض بتأثير القوة المطبقة عليه على شكلٍ بياني

يُظهر الخط البياني المستقيم علاقة خطية بين عاملين و في حالتنا هذه فإن الخط البياني المستقيم يُظهر علاقةً خطية ما بين استطالة النابض و القوة المطبقة عليه.

يُظهر الخط البياني المنحني أو الانحناء في جزءٍ من خطٍ بياني أن العلاقة غير خطية أو أنها لم تعد خطية بين العاملين و في حالتنا هذه فإن الانحناء يُظهر بأن العلاقة ما بين القوة المطبقة على النابض و استطالة ذلك النابض لم تعد متناسبة و لم تعد خطية لأنه تم تجاوز حد مرونة النابض.

إن درجة ميلان الخط البياني المستقيم تُمثل ثابت النابض K .





العزم التدويري Moments

تستخدم كلمة moment في اللغة الإنكليزية بمعنى (لحظة) أما في الفيزياء فإن هذه الكلمة تعني العزم التدويري و هي القوة التي تجعل جسماً ما يدور حول محوره أو نقطةٍ ثابتة تدعى بمحور الدوران pivot .

معادلة العزم التدويري :

moment = force × distance

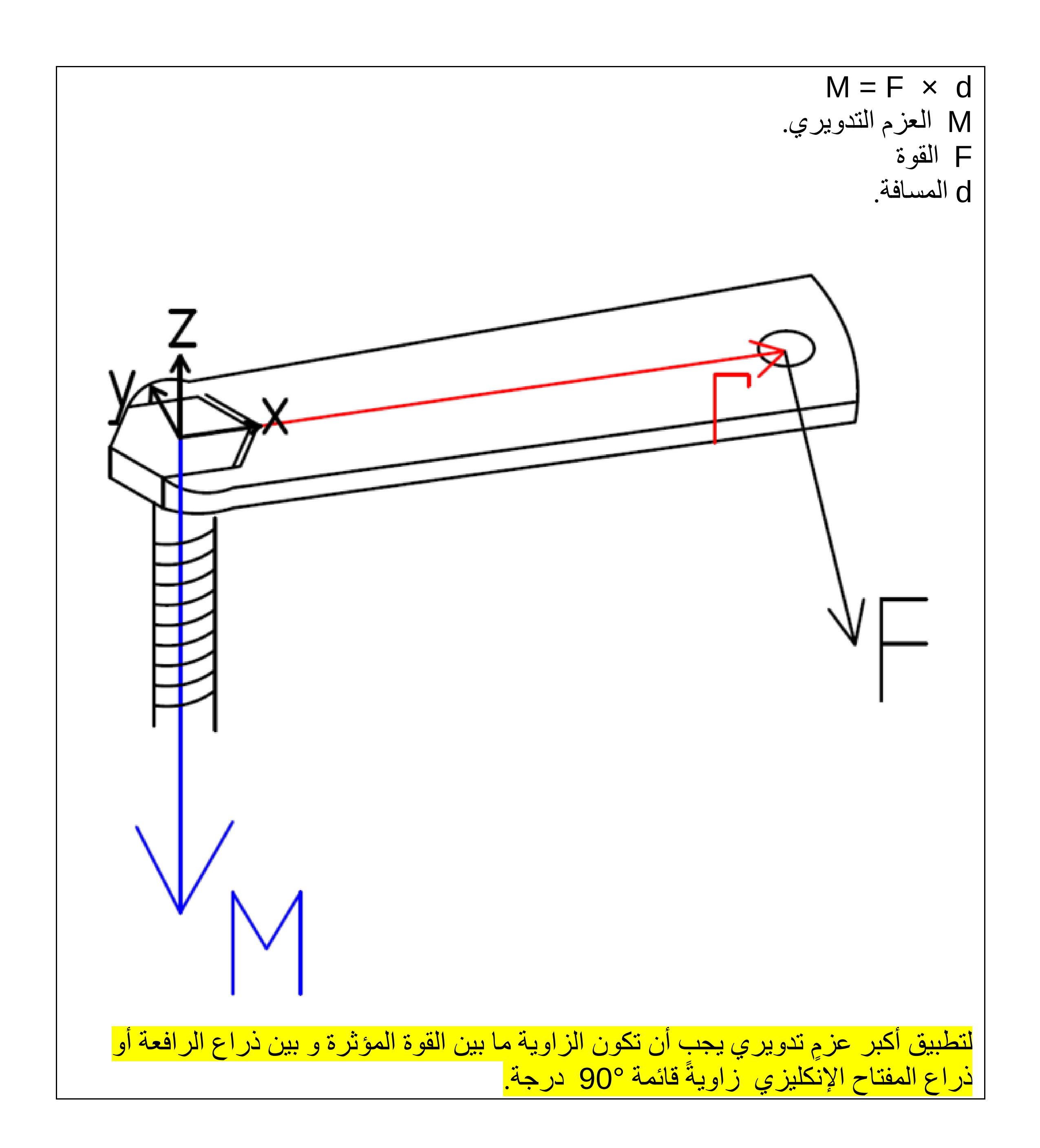
العزم التدويري=القوة ×المسافة.

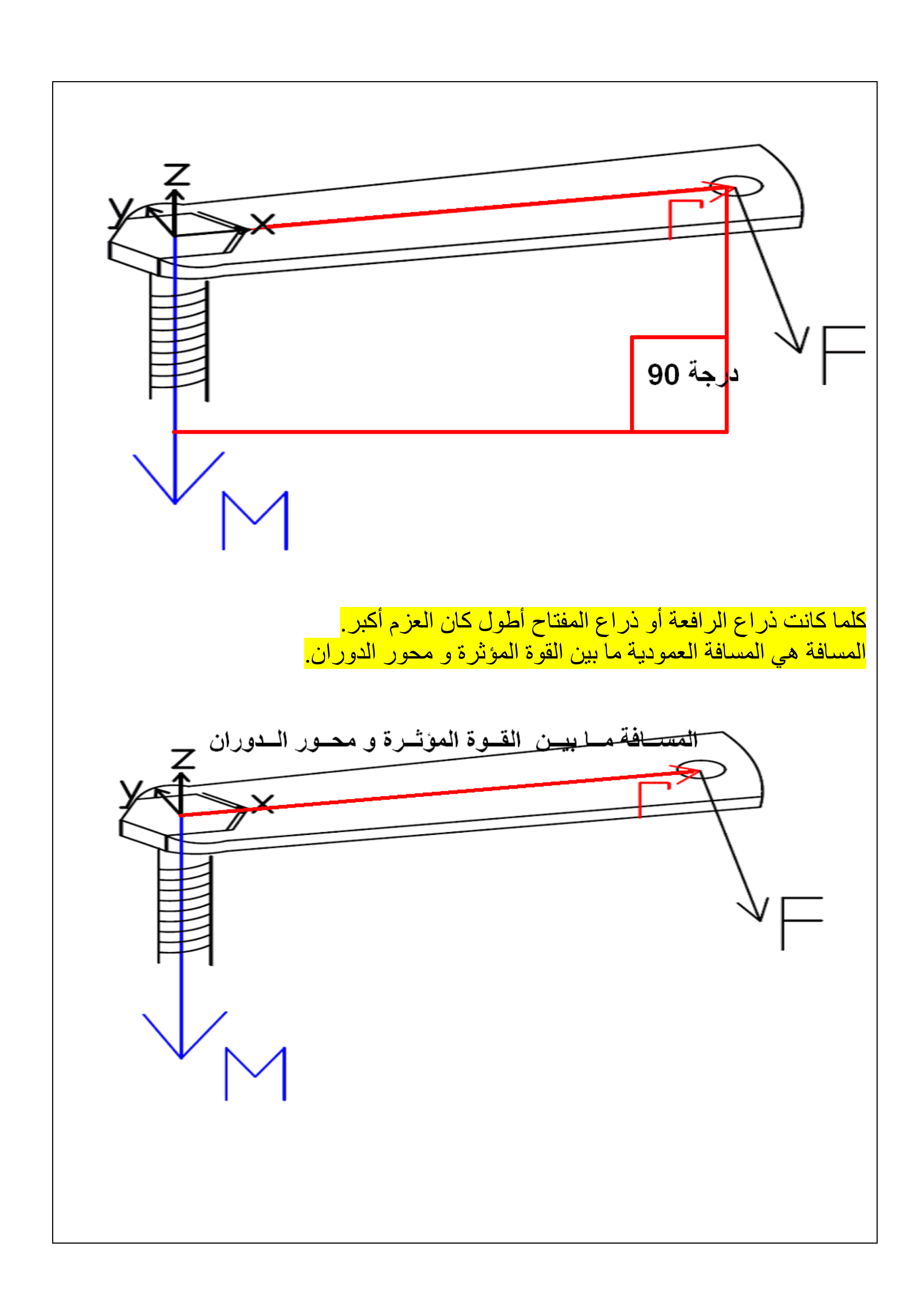
هنالك الكثير من الأدوات التي تعمل على مبدأ العزم التدويري كالمفتاح الإنكليزي wrenches و الرافعة حيث تعمل هذه الأدوات على توليد عزمٍ تدويريٍ كبير.

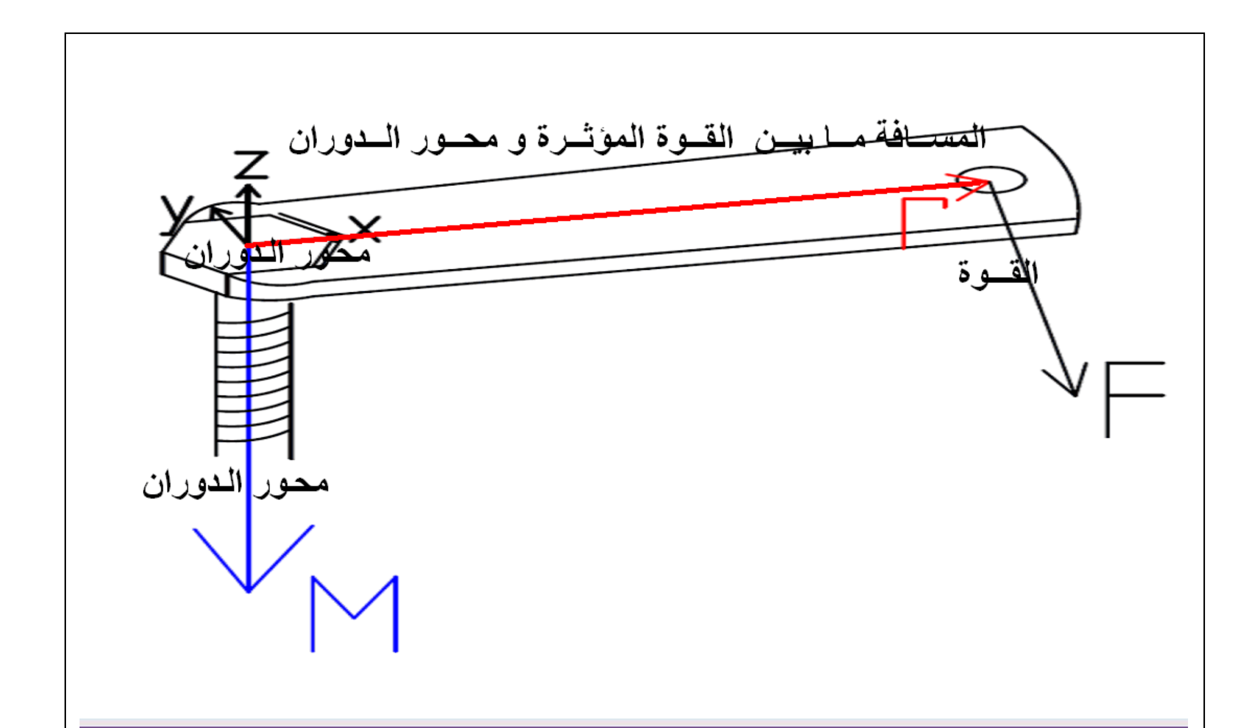
يقاس العزم التدويري بوحدة النيوتن في المتر newton meter (Nm)

moment (Nm) = force (N) × distance (m)

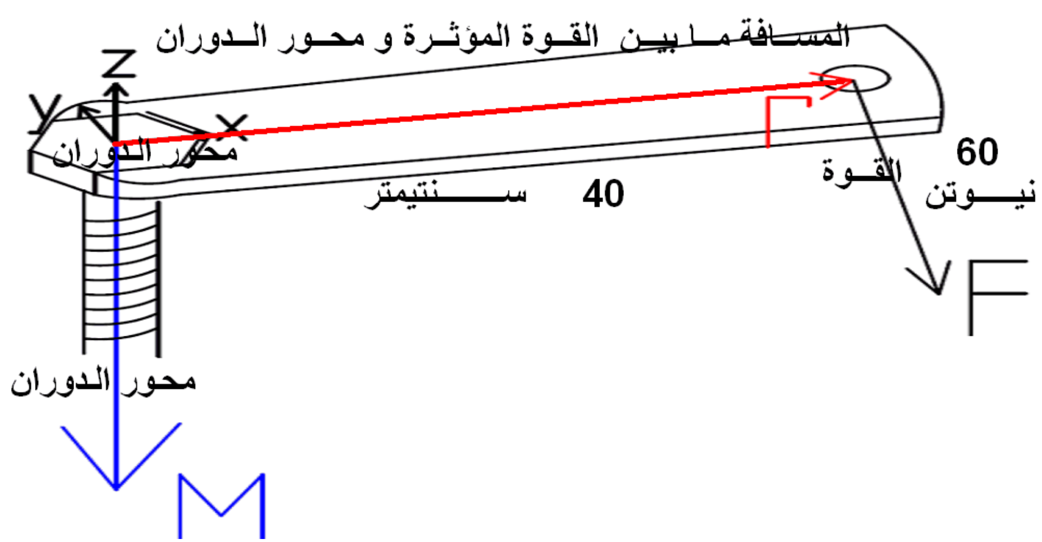
العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).


M = F × d
M العزم التدويري.
F القوة
d المسافة.
Z
y
x
r
F
M
لتطبيق أكبر عزمٍ تدويري يجب أن تكون الزاوية ما بين القوة المؤثرة و بين ذراع الرافعة أو ذراع المفتاح الإنكليزي زاويةً قائمة °90 درجة.


z
y
x
r
F
90 درجة
M
كلما كانت ذراع الرافعة أو ذراع المفتاح أطول كان العزم أكبر.
المسافة هي المسافة العمودية ما بين القوة المؤثرة و محور الدوران.
المسـافة مـا بيـن القـوة المؤثـرة و محـور الـدوران
z
y
x
r
F
M



مفتاح إنكليزي يبلغ طوله 40 سنتيمتر يتم تحريكه بقوة 60 نيوتن.
ما هو العزم التدويري لهذا المفتاح بالنيوتن على المتر.



نستخدم معادلة حساب العزم التدويري :

يقاس العزم التدويري بوحدة النيوتن في المتر newton meter (Nm)

moment (Nm) = force (N) × distance (m)

العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$M = F \times d$

M العزم التدويري.

F القوة

d المسافة.

$M = F \times d$

بما أن المسافة معطاةٌ في هذه المعادلة بوحدة المتر و ليس السنتيمتر فيجب أن نقوم بتحويل طول المفتاح من 40 سنتيمتر إلى وحدة المتر .

بما أن المتر الواحد يتألف من 100 سنتيمتر فإننا للتحويل من سنتيمتر إلى متر نقسم على 100 :

40/100=0.4

40 سنتيمتر تساوي 4 بالعشرة من المتر.

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

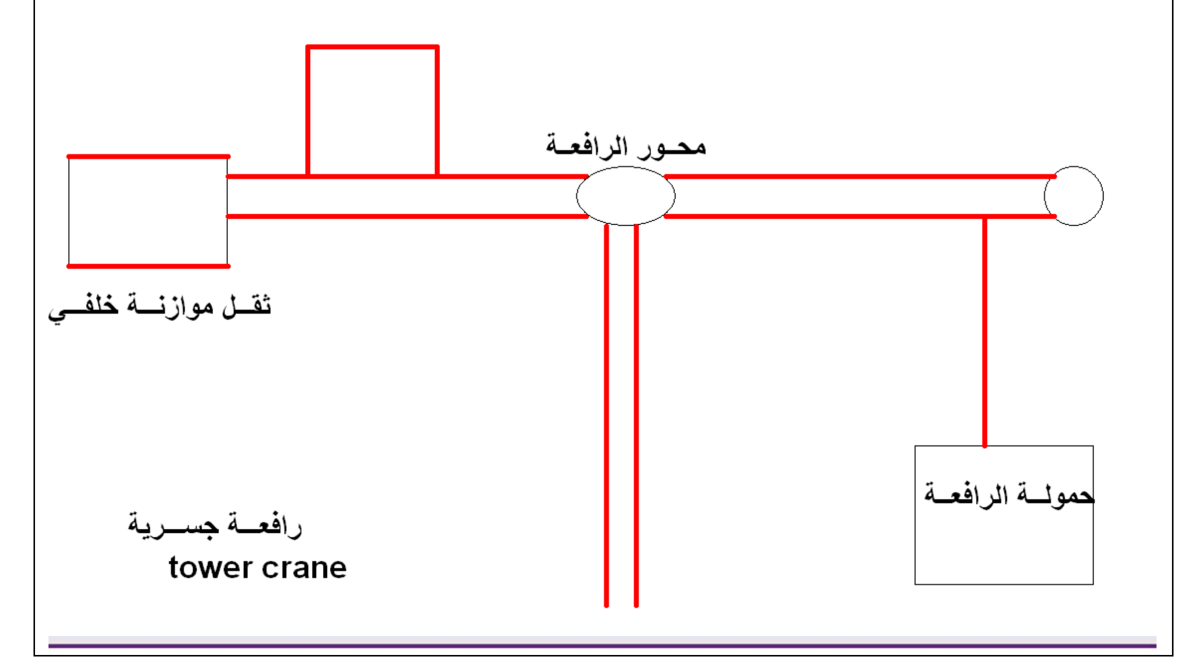
$M = F \times d$

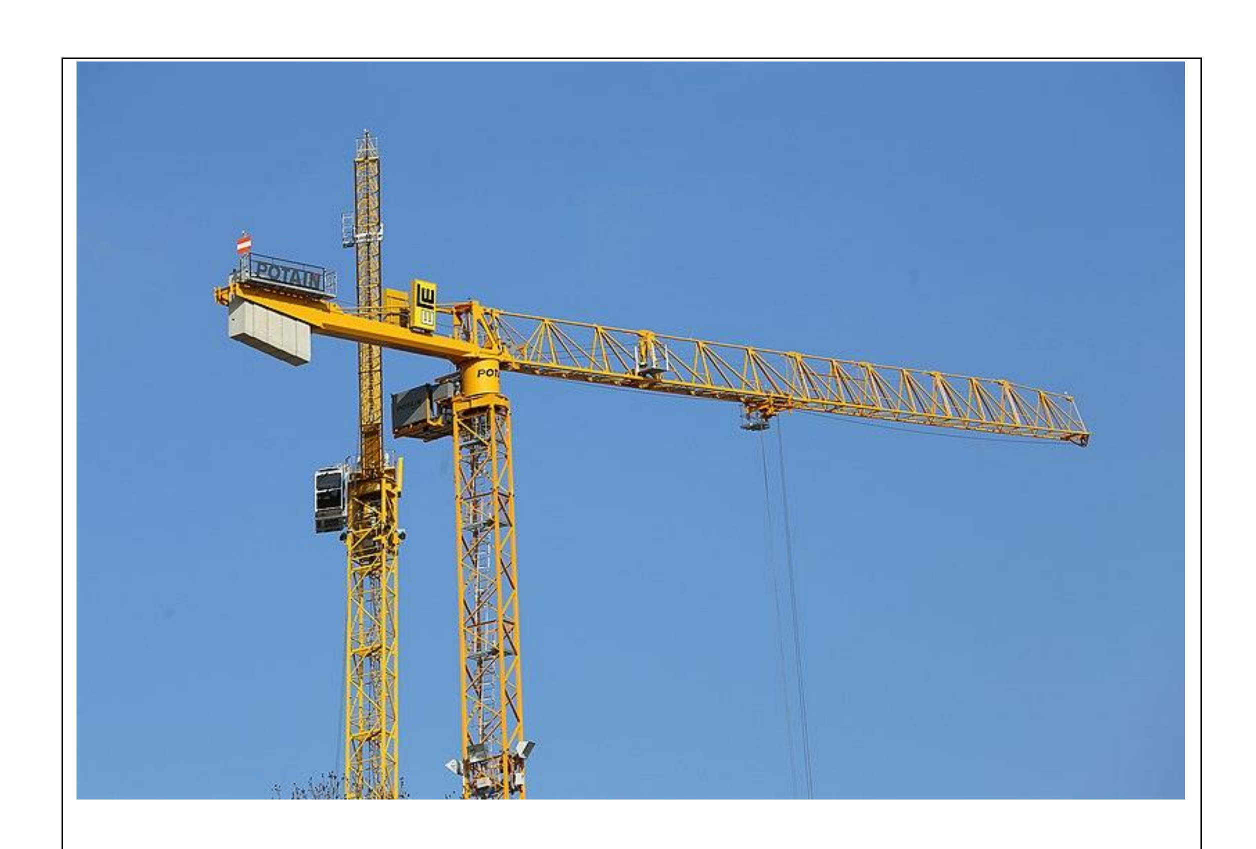
$M = 60\ N \times 0.6\ m = 36\ Nm$

إذاً فإن العزم التدويري لهذا المفتاح عند نهايته يبلغ 36 نيوتن\متر

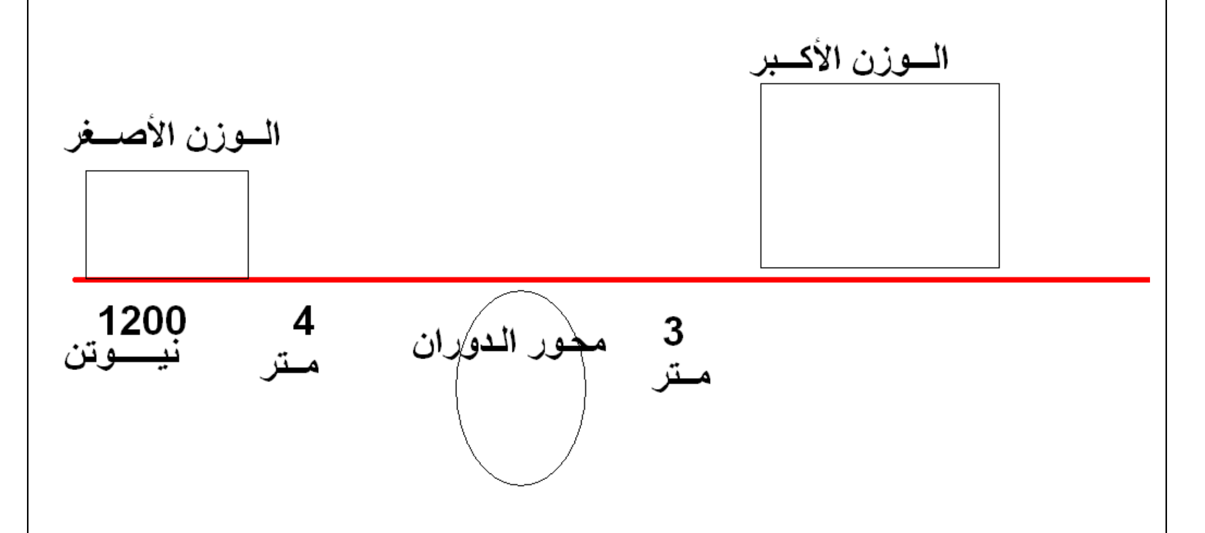
Principle of moments مبدأ العزم التدويري

إذا كان مجموع العزوم التدويرية التي اتجاهها موافقٌ لحركة عقارب الساعة مساوٍ لمجموع العزوم التدويرية المعاكسة لاتجاه حركة عقارب فإن الجسم يبقى ساكناً و هذا هو المبدأ الذي تعمل عليه الرافعة الجسرية tower crane حتى تبقى في حالة توازن حيث يعمل الثقل الخلفي الموجود في الجهة الخلفية من الرافعة على موازنة الثقل الذي تحمله الرافعة





يتوازن الثقل الأصغر الذي يبلغ ثقلهN 1200 نيوتن عندما يوضع على بعد 4 متر من محور دوران ميزان مع وزن أكبر يوضع على بعد 3 أمتارٍ من محور الدوران.
كم يبلغ وزن الثقل الأكبر؟



إذا كان مجموع العزوم التدويرية التي اتجاهها موافقٌ لحركة عقارب الساعة مساوٍ لمجموع العزوم التدويرية المعاكسة لاتجاه حركة عقارب فإن الجسم يبقى ساكناً.
لحل هذه المسألة نقوم بدايةً بحساب العزم التدويري moment للثقل الموجود في الجهة اليسرى (الجهة المعاكسة لجهة دوران عقارب الساعة):
العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$$M = F \times d$$

M العزم التدويري.

F القوة
d المسافة.

$M = F \times d$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$M = F \times d$

$1200\ N \times 4\ m = 4800\ N\ m$

4800 نيوتن\المتر

4800 N/m نيوتن\المتر هو العزم التدويري للثقل الأول.



الآن علينا الانتباه إلى أمر شديد الأهمية:

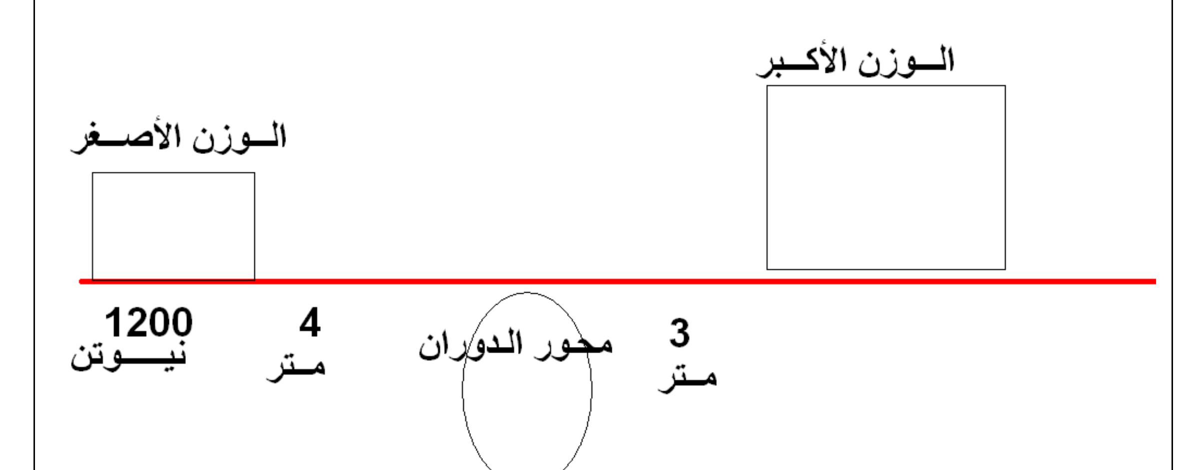
كم يبلغ العزم التدويري للثقل الثاني؟

بما أن الثقلين متوازنين فإن ذلك يعني بأن العزم التدويري للثقل الثاني مساوٍ للعزم التدويري للثقل الأول.

إذا كان لدينا ثقلين متوازنين فذلك يعني بأن عزمهما التدويري واحد .

انتبه : عزمهما التدويري متماثل حتى و إن كان وزنهما مختلف.

أي أن العزم التدويري للثقل الآخر الأيمن (الموافق لاتجاه دوران عقارب الساعة) يبلغ كذلك 4800 N نيوتن\متر.



الآن نعيد ترتيب المعادلة السابقة بحيث نجعل مجهول و مطلوب المسألة هو مجهول و مطلوب المعادلة :

العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$M = F \times d$

M العزم التدويري.

F القوة
d المسافة.
$M = F \times d$

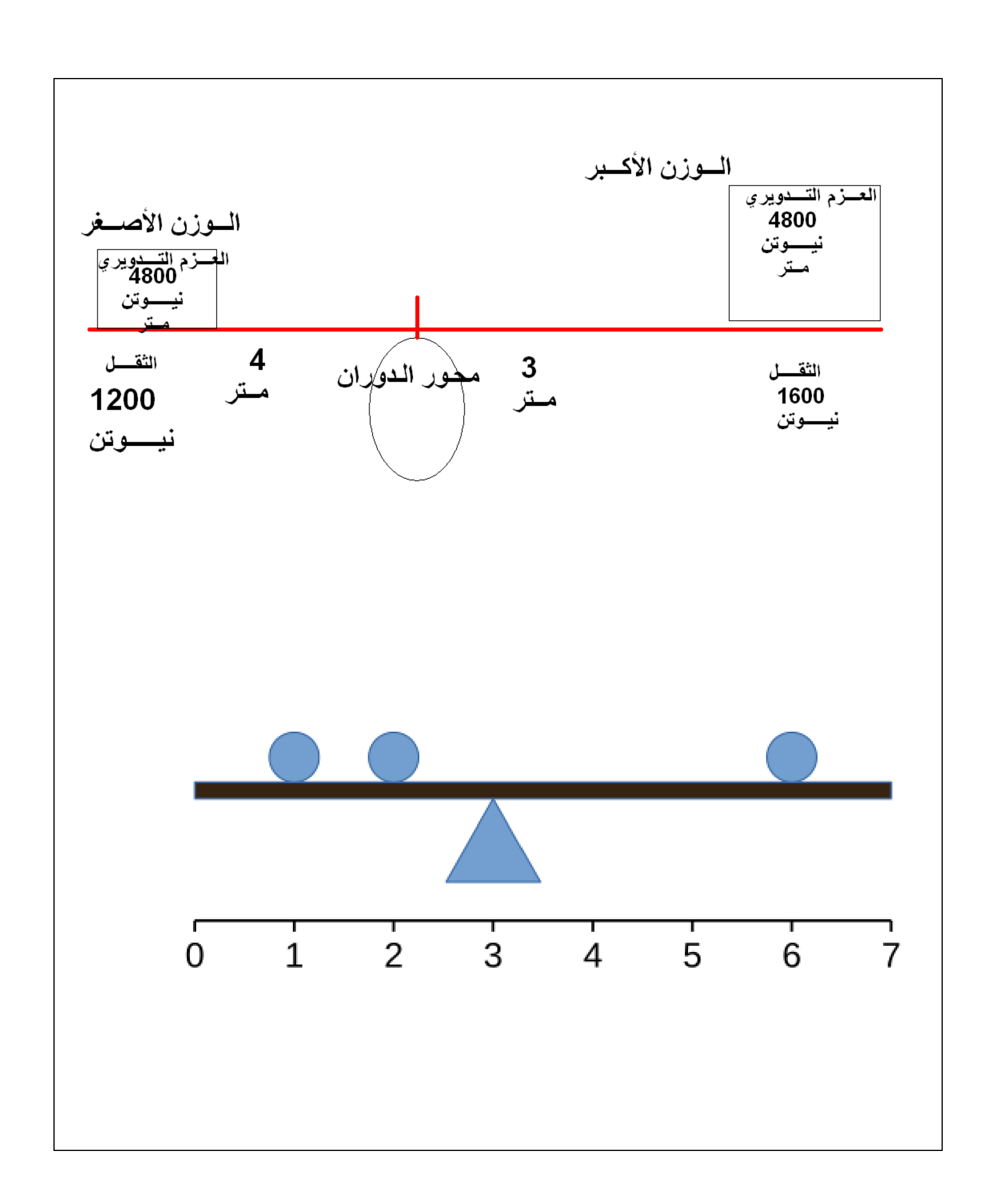
نتذكر سوياً مطلوب المسألة :
كم يبلغ وزن الثقل الأكبر؟
كم يبلغ وزن الثقل الأكبر أي كم يبلغ وزن الثقل الأكبر بالنيوتن ؟
أي كم تبلغ قوة F الثقل الأكبر ؟

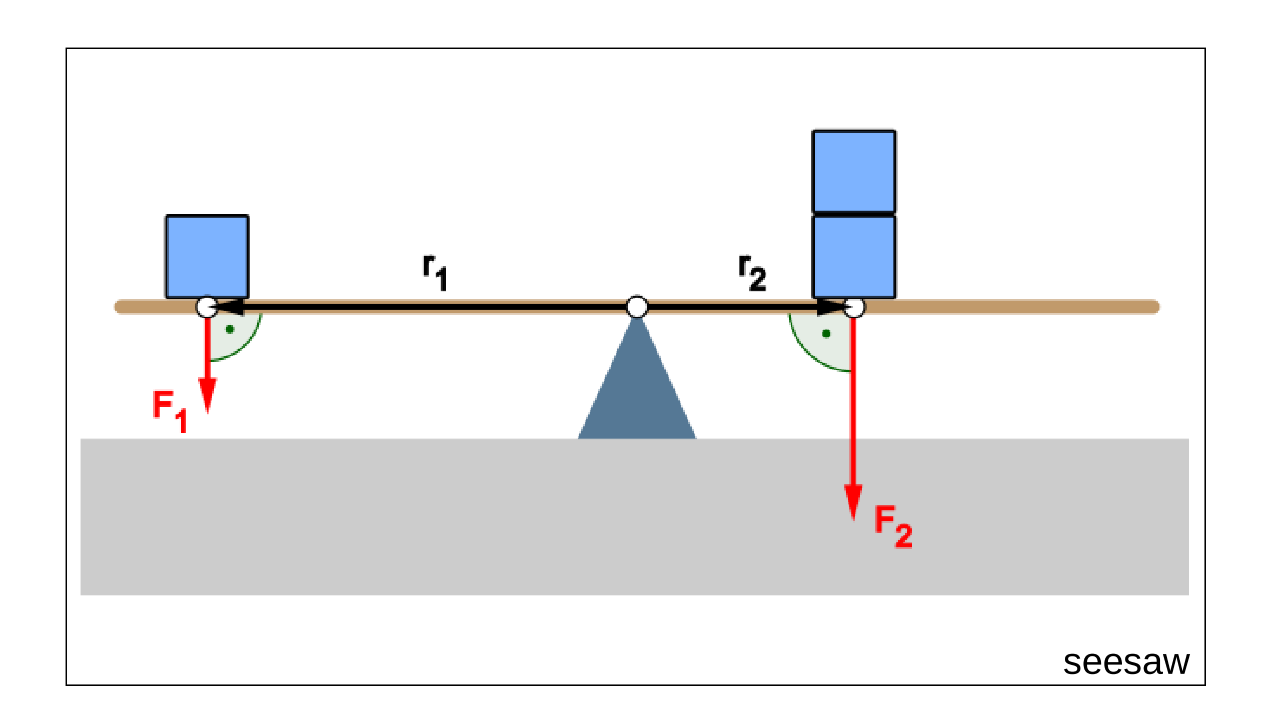
لدينا عملية ضرب اعتيادية :
$M = F \times d$
و لكنها تحوي عنصراً مجهولاً هو القوة F مقاسةً بوحدة النيوتن .
القوة=الوزن
نحول عملية الضرب إلى عملية قسمة و نجعل من الطرف المجهول F(القوة) ناتجاً لعملية قسمة نتيجة عملية الضرب M (العزم)على الطرف الثاني (المسافة) d:
$F=\frac{M}{d}$
القوة (نيوتن)= $\frac{\text{العزم التدويري}}{\text{المسافة}}$
القوة=الوزن
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :
القوة (نيوتن)= $\frac{4800}{3} = 1600\ N$
إذاً فإن قوة(ثقل) الثقل الثاني تبلغ 1600 N نيوتن.

الـــوزن الأكـــبر
العـــزم التـــدويري 4800 نيـــوتن مـــتر

الـــوزن الأصـــغر
العـــزم التـــدويري 4800 نيـــوتن مـــتر

الثقـــل 1200 نيـــوتن
4 مـــتر
محور الدوران
3 مـــتر
الثقـــل 1600 نيـــوتن


الــوزن الأكــبر
العــزم التـــدويري
4800
نيـــوتن
مــتر
الــوزن الأصــغر
العــزم التـــدويري
4800
نيـــوتن
مــتر
الثقـــل
1200
نيـــوتن
4
مــتر
محـور الـدوران
3
مــتر
الثقـــل
1600
نيـــوتن
0
1
2
3
4
5
6
7



مركز الكتلةCenter of mass

ينظر الفيزيائيون إلى ثقل (قوة) الجسم على أنه يتركز في نقطةٍ واحدة من ذلك الجسم ، كما يرون بأن أي قوةٍ تؤثر في جسمٍ ما فإن تأثيرها يتركز في نقطةٍ ما من ذلك الجسم و نقطة تأثير القوة هذه تدعى بمركز الكتلة .

يمكن النظر إلى ثقل جسمٍ ما و كأنه يؤثر على نقطةٍ منفردة تقع في مركز الكتلة.

يُمكن أن يكون مركز الكتلة داخل أو خارج الجسم و ذلك اعتماداً على شكل ذلك الجسم.

يوصف جسمٌ ما بأنه متوازن عندما يكون مركزه فوق قاعدته.

يسقط الجسم إذا كان مركز كتلته خارج قاعدته.

لعبة الطائر المتوازن The balancing bird

تمثل لعبة الطائر المتوازن إثباتاً بأن مركز الكتلة يتوضع في نقطةٍ واحدة حيث يتوضع مركز كتلة هذا الطائر في منقاره و بالتالي يُمكن أن يتوازن هذا الطائر فقط إذا استند منقاره إلى قاعدة. و بالرغم من أن أجنحة هذا الطائر ثقيلة الوزن نسبياً فإن كلاً من أجنحته و ذيله يُشكلان عزوماً تدويريةmoments (قوىً تدويرية) turning forces متوازنة و متماثلة كثقلين متماثلين على كفتي ميزان .

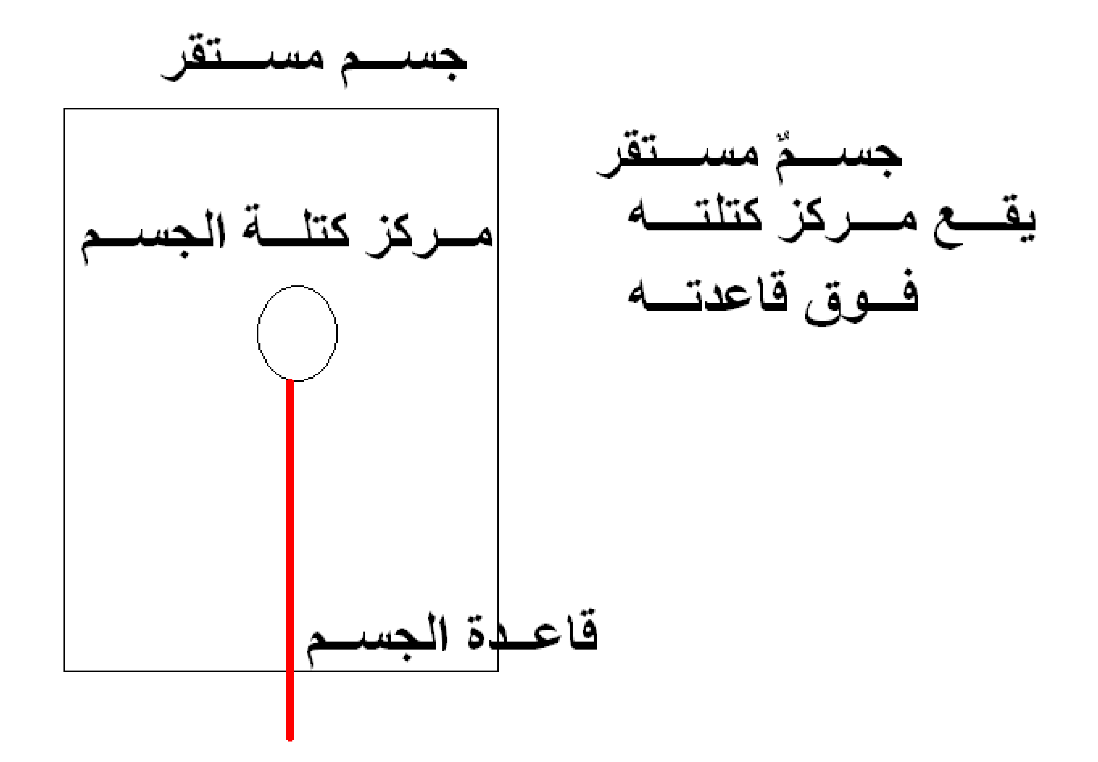

Note
مركز
الكتلة
العزم التدويري لجناحي الطائر يساوي
العزم التدويري لذيل الطائر

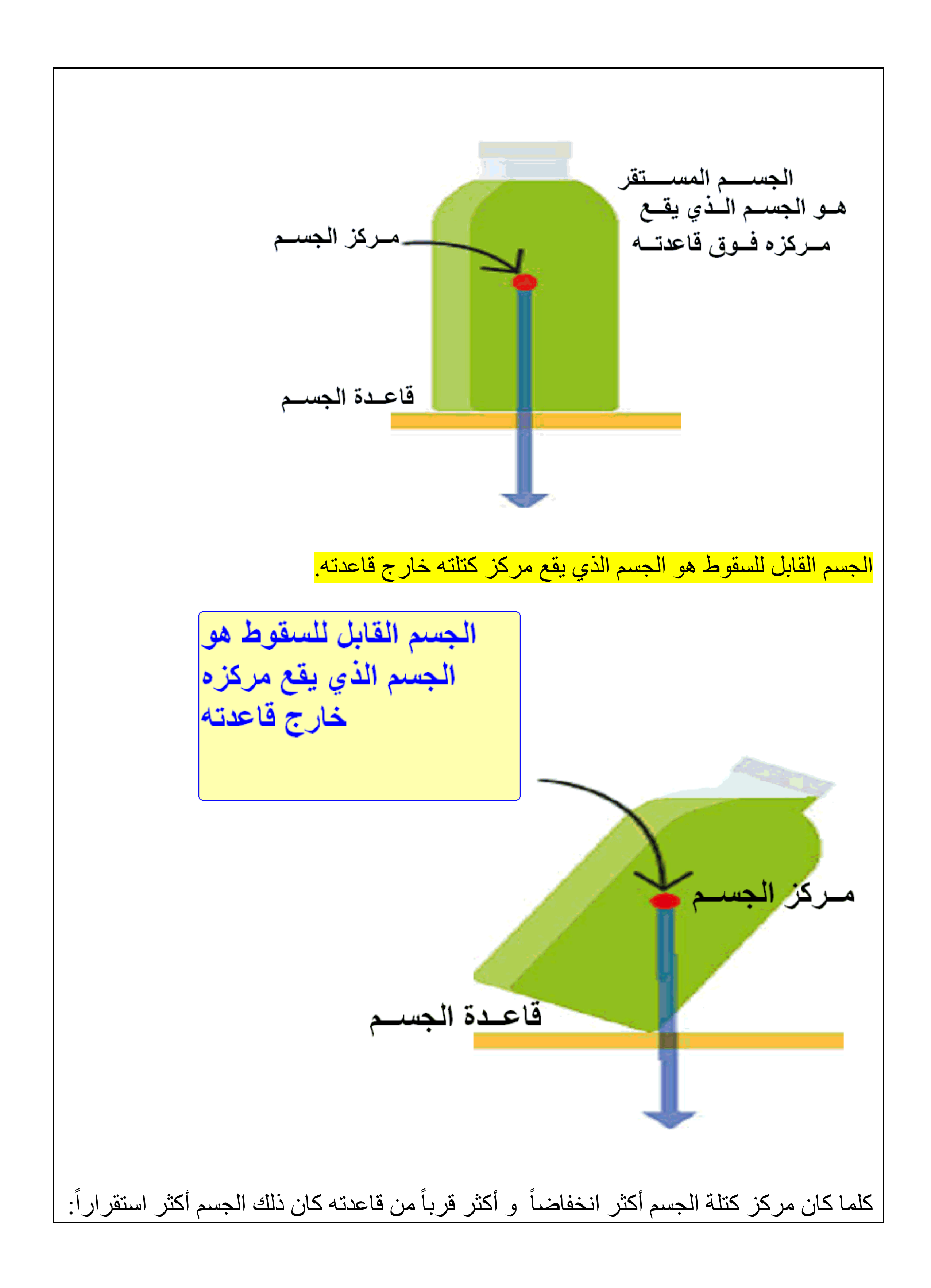
العزم التدويري لجناحي هذا الطائر يساوي العزم التدويري لذيله و هذا الطائر يتوازن لأن مركز ثقله يقع عند منقاره .

استقرار الجسم

يقال عن جسمٍ ما بأنه متوازنٌ و مستقر إذا كان مركزه أعلى من قاعدته.
الأجسام الطويلة ذات القاعدة الضيقة تسقط بسهولة و ذلك لأن أقل حركة يُمكن أن تجعل مركز كتلتها خارج قاعدتها.
تمتلك الأجسام المُستقرة مركز كتلة منخفض و قاعدةً واسعة.

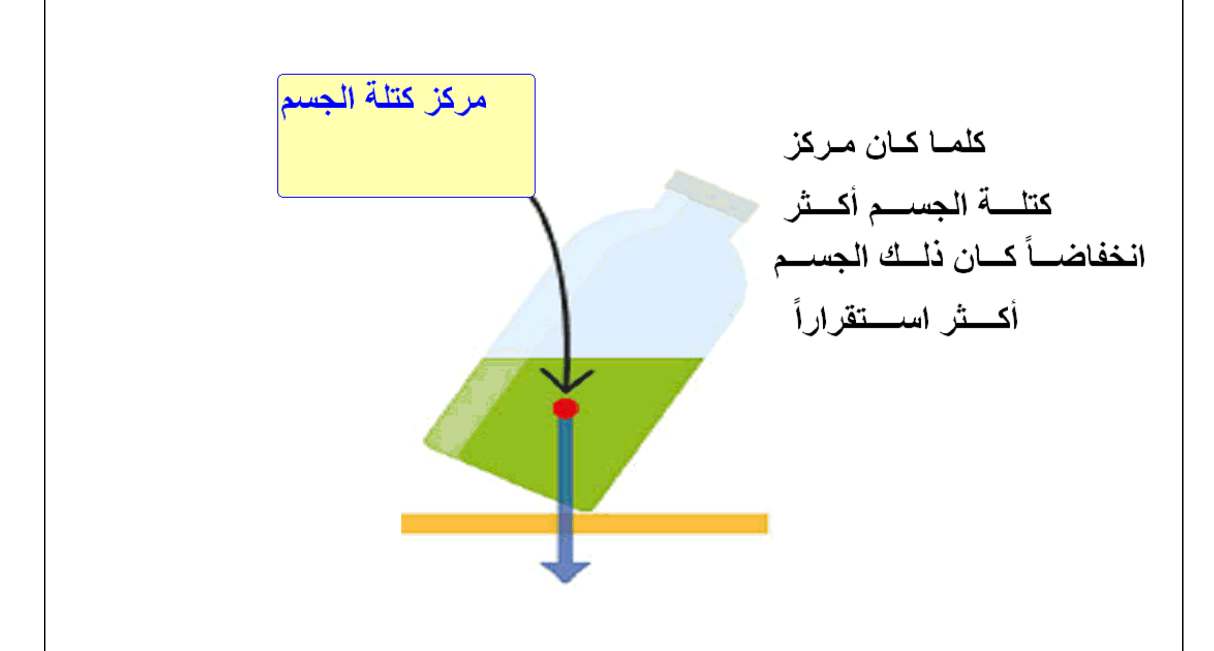
يقع مركز كتلة الجسم المستقر فوق قاعدته.





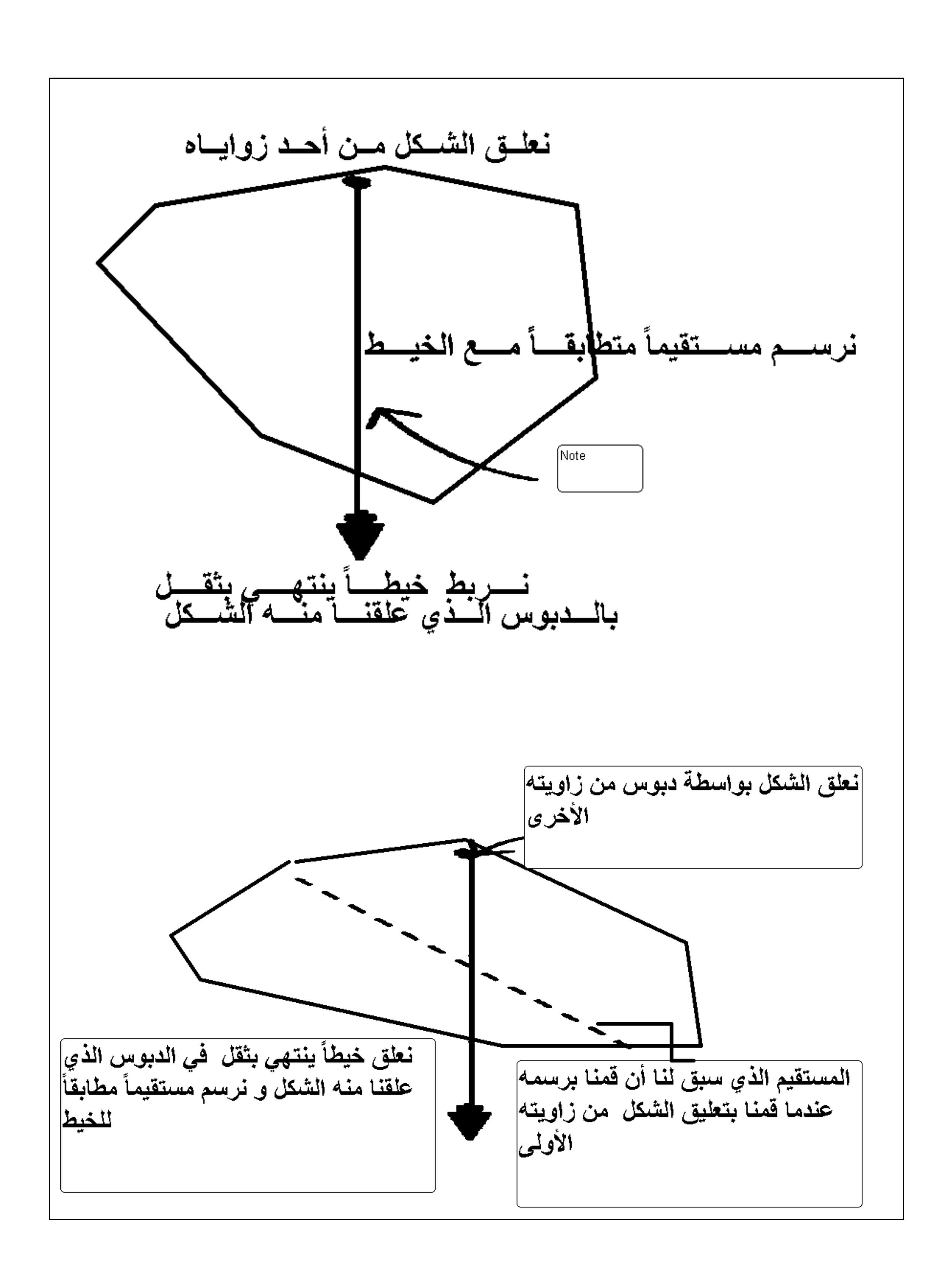
الجسم القابل للسقوط هو الجسم الذي يقع مركز كتلته خارج قاعدته.

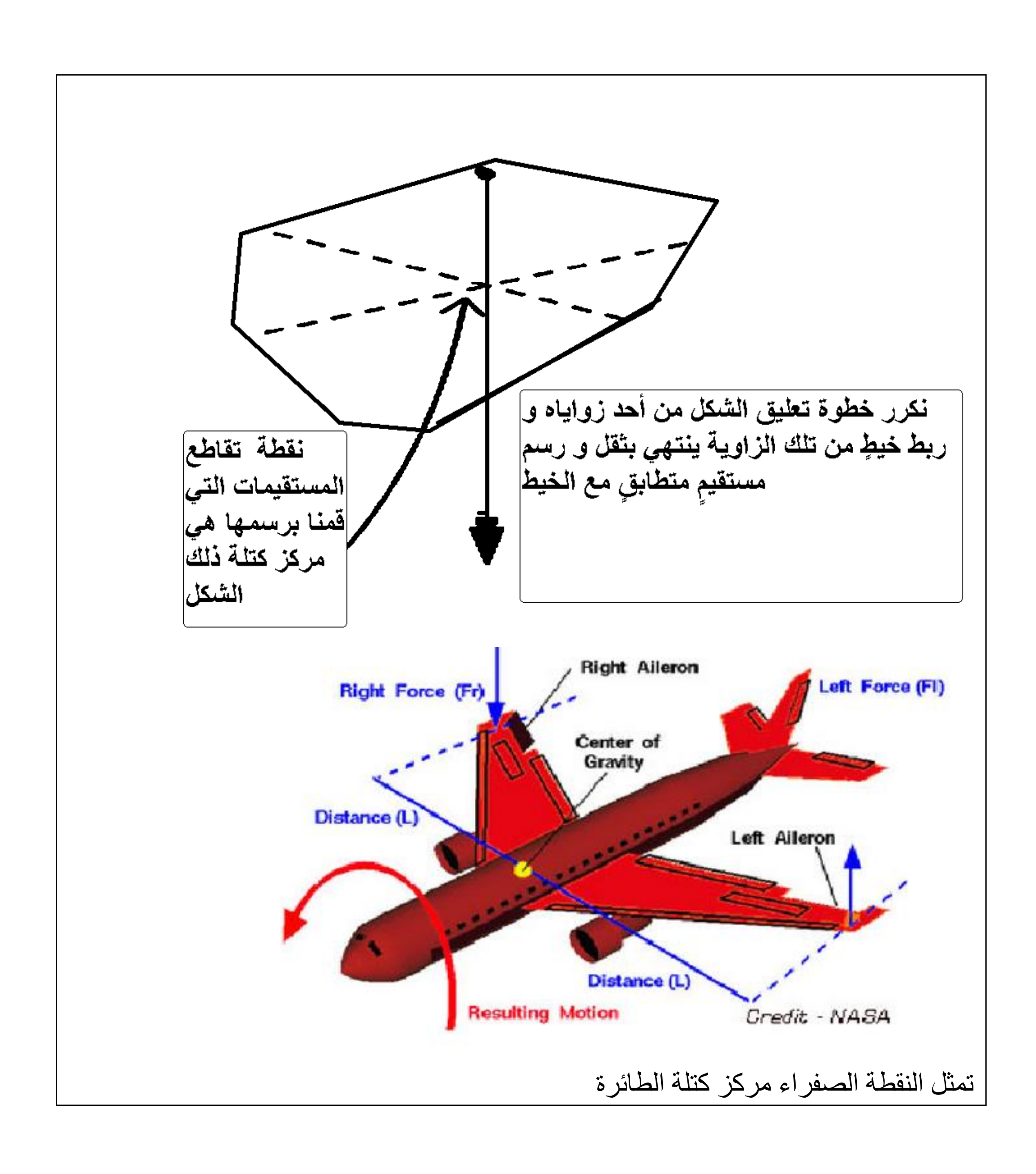
كلما كان مركز كتلة الجسم أكثر انخفاضاً و أكثر قرباً من قاعدته كان ذلك الجسم أكثر استقراراً:



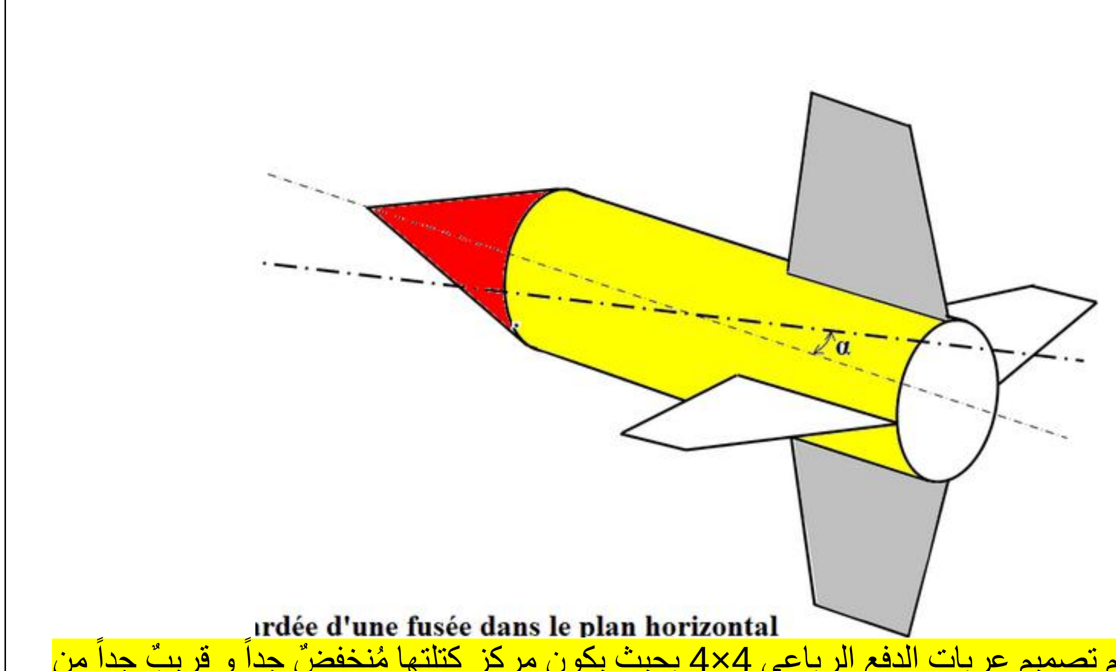
تحديد مركز كتلة الجسم

لإيجاد مركز كتلة جسم غير منتظم ثنائي الأبعاد نقوم بتعليق ذلك الشكل بواسطة دبوس من إحدى زواياه بحيث يُمكن له أن يتأرجح بسهولة.
بعد أن يستقر ذلك الجسم نقوم بتعليق خيطٍ ينتهي بثقل من الدبوس الذي سبق لنا أن علقنا منه ذلك الثقل.
نرسم خطاً عمودياً على ذلك الجسم مطابقاً لذلك الخيط.
نقوم بتعليق الجسم من زواياه الأخرى و نستخدم خيطاً و ثقلاً بالطريقة ذاتها لرسم خطوط .
الآن فإن مركز كتلة ذلك الجسم هو النقطة التي تتقاطع فيها كل تلك الخطوط السابقة التي قمنا برسمها.

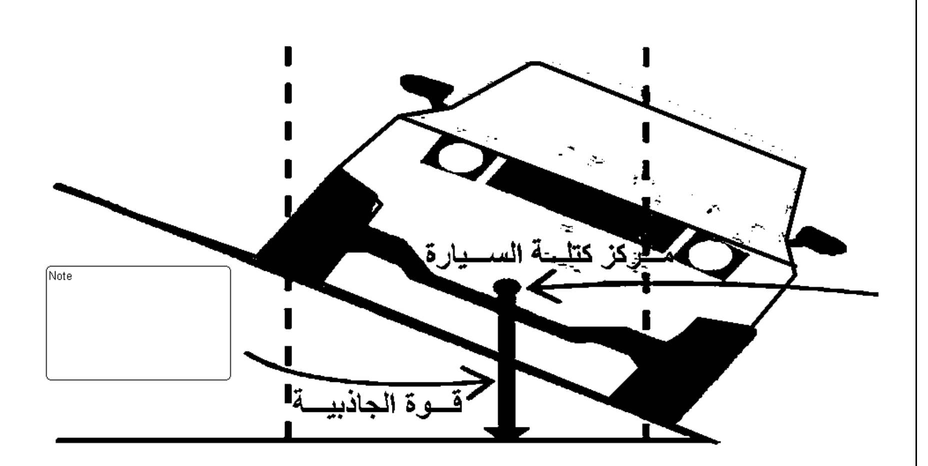

نعلــق الشــكل مــن أحــد زوايــاه
نرســـم مســـتقيماً متطابقـــاً مـــع الخيـــط
Note
نــــربط خيطـــاً ينتهــي بثقـــل بالـــدبوس الـــذي علقنـــا منـــه الشـــكل
نعلق الشكل بواسطة دبوس من زاويته الأخرى
نعلق خيطاً ينتهي بثقل في الدبوس الذي علقنا منه الشكل و نرسم مستقيماً مطابقاً للخيط
المستقيم الذي سبق لنا أن قمنا برسمه عندما قمنا بتعليق الشكل من زاويته الأولى



تمثل النقطة الصفراء مركز كتلة الطائرة



تم تصميم عربات الدفع الرباعي 4×4 بحيث يكون مركز كتلتها مُنخفضٌ جداً و قريبٌ جداً من قاعدتها.



الرافعات Levers

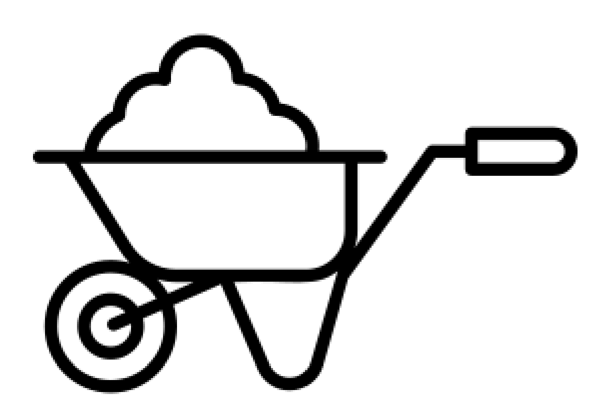
معظم الأدوات اليدوية التي نستخدمها في حياتنا اليومية كالمقص و الكماشة و العربة اليدوية الأحادية العجلة wheelbarrow تعتمد في عملها على مبدأ الرافعة.

تعمل العربة اليدوية الأحادية العجلة على مبدأ الرافعة حيث أنها تدور حول محور دوران Pivot هي نقطة الارتكاز fulcrum و الذي هو عجلة العربة، فعندما يتم تطبيق قوة أو جهد على يدي العربة لرفعها فإن يدي العربة تقومان بتضخيم تلك القوة و بالتالي فإن ناتج قوة الرافعة يكون أكبر من دخلها و كلما كان حمل العربة أكبر كان تضخيم القوة أكبر.

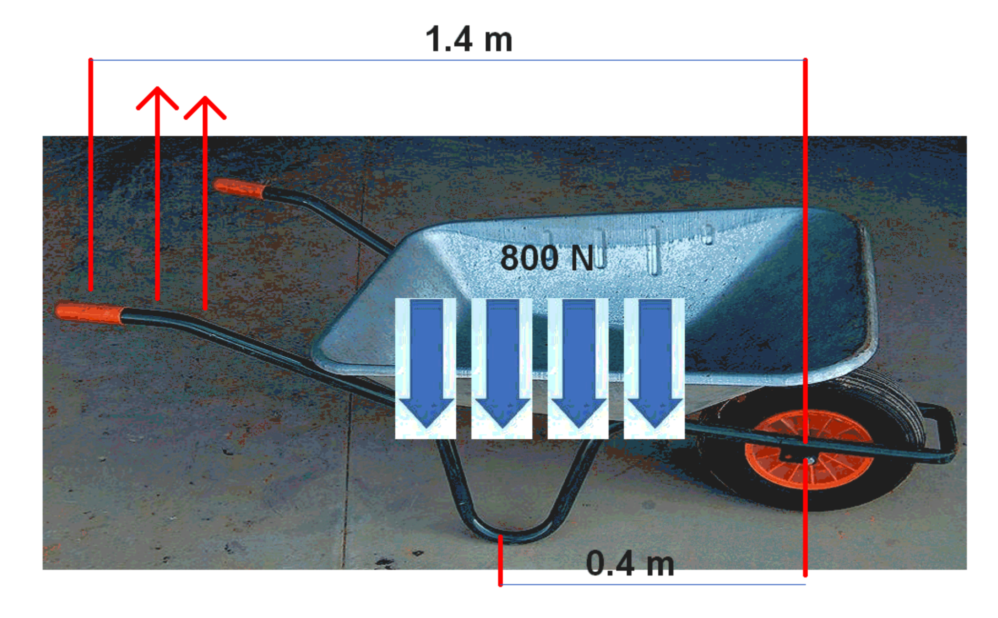
الرافعة عبارة عن ذراع يدور حول نقطةٍ ثابتة هي محور الدوران أو نقطة الارتكاز.

يُمكن للرافعة أن تقوم بتضخيم القوة أو تخفيضها حسب الرغبة فهي تضخم قوة مستخدم الرافعة بينما تقوم بتخفيض قوة الحمل.

الرافعات التي تقوم بتضخيم القوة تقوم بتقليل المسافة التي يتم نقل الحمل إليها.
الرافعات التي تقلل القوة تقوم بزيادة المسافة التي يتم نقل الحمل إليها.



عربة يد تحمل ما مقداره 800 N نيوتن من التربة .
يبعد مركز كتلتها عن محور عجلاتها بمقدار 4 بالعشرة من المتر 0.4 m .
تبعد ذراعها عن محور عجلتها بمقدار 1.4 m متر (متر و 4 بالعشرة من المتر) .
ما هو مقدار الجهد أو القوة المطلوبة لحمل حمولة العربة؟



لحل هذه المسألة نستخدم معادلة حساب العزم التدويري.
بدايةً نقوم بحساب العزم التدويري لحمولة العربة :
العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$$M = F \times d$$

M العزم التدويري.
F القوة
d المسافة.

$M = F \times d$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$M = 800\ N \times 0.4\ m = 320\ N\ m$

320 N m نيوتن في المتر هو العزم التدويري لحمولة العربة.

الآن نقوم بحساب القوة اللازمة لرفع و تحريك حمولة العربة من ذراعيها.

لدينا عملية ضرب اعتيادية :

العزم التدويري (نيوتن في المتر) = القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$M = F \times d$

و لكننا هذه المرة نستخدم البعد ما بين ذراعي العربة و محور دورانها للمسافة .

لماذا؟

لأن المطلوب هو حساب القوة اللازمة لرفع حمولة العربة من ذراعيها.

$320\ N\ m = F \times 1.4\ m$

و لكن المعادلة تحوي عنصراً مجهولاً هو القوة F مقاسةً بوحدة النيوتن .

القوة=الوزن

نحول عملية الضرب إلى عملية قسمة و نجعل من الطرف المجهول F ناتجاً لعملية قسمة نتيجة عملية الضرب M على الطرف الثاني (المسافة) d:

$F = \frac{M}{d}$

القوة (نيوتن)= $\frac{\text{العزم التدويري}}{\text{المسافة}}$

القوة=الوزن

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

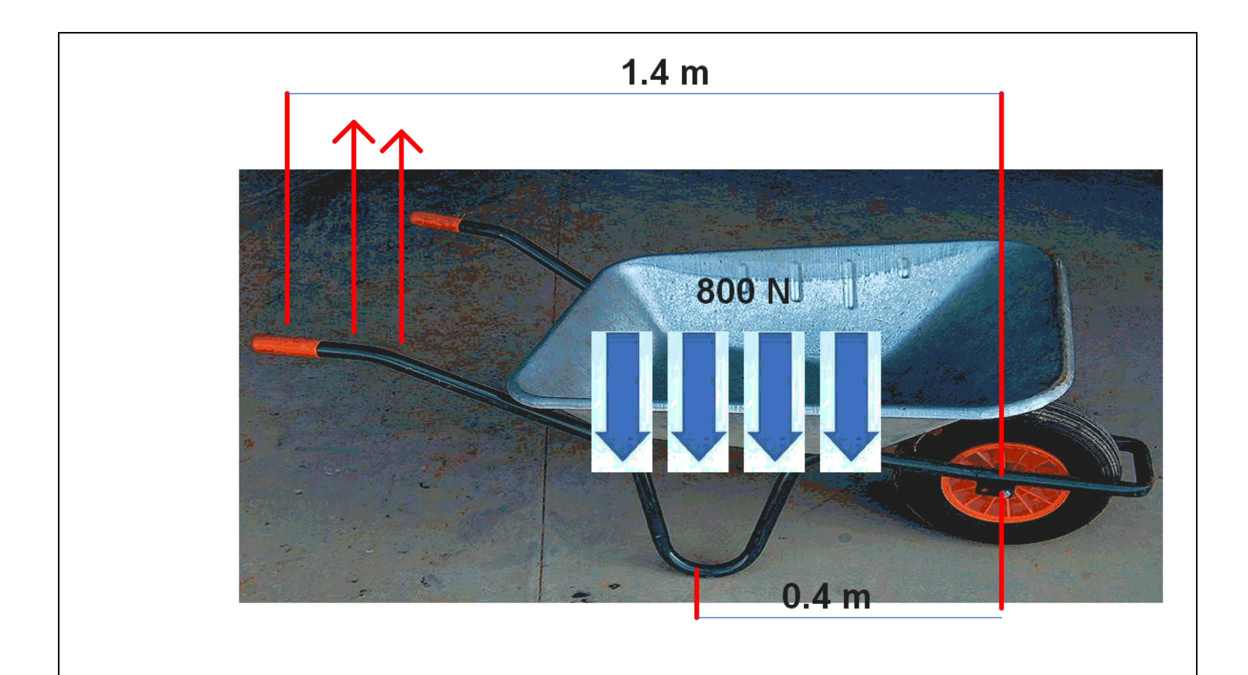
القوة (نيوتن)= $\frac{320}{1.4} = 229\ Nm$

إذاً فإن القوة اللازمة لرفع العربة مع حمولتها تبلغ 229 Nm نيوتن في المتر.

في المرة الثانية قمنا بحساب القوة اللازمة لإنتاج عزمٍ تدويري يساوي العزم التدويري لحمولة العربة و لكنه في المرة الثانية عزمٌ تدويري يتم إنتاجه عن طريق ذراعي العربة و ذلك عندما يتم ر فع العربة .

.

wheelbarrow

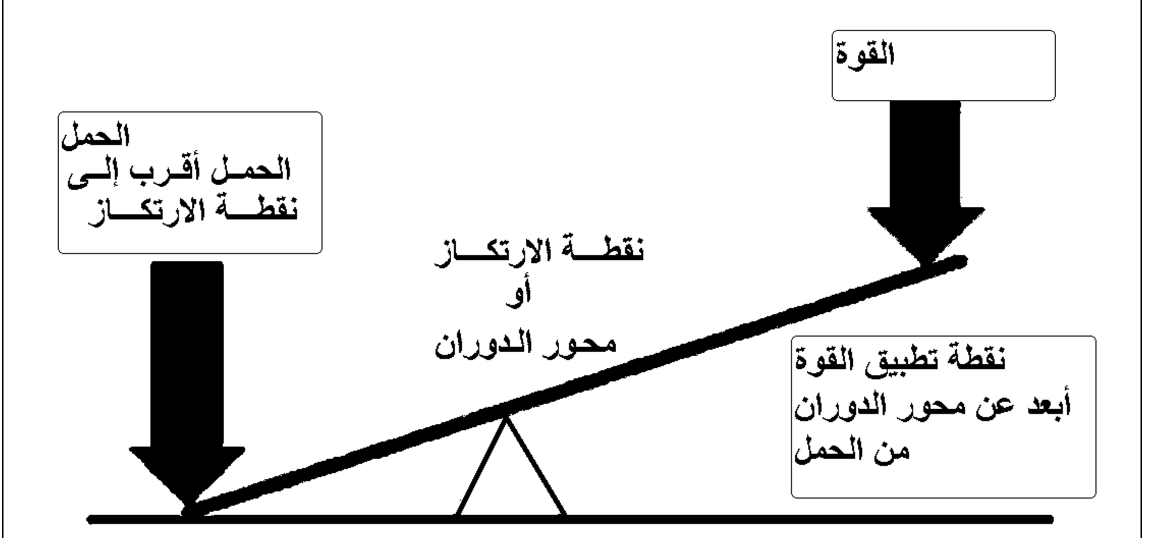


أنواع الروافع

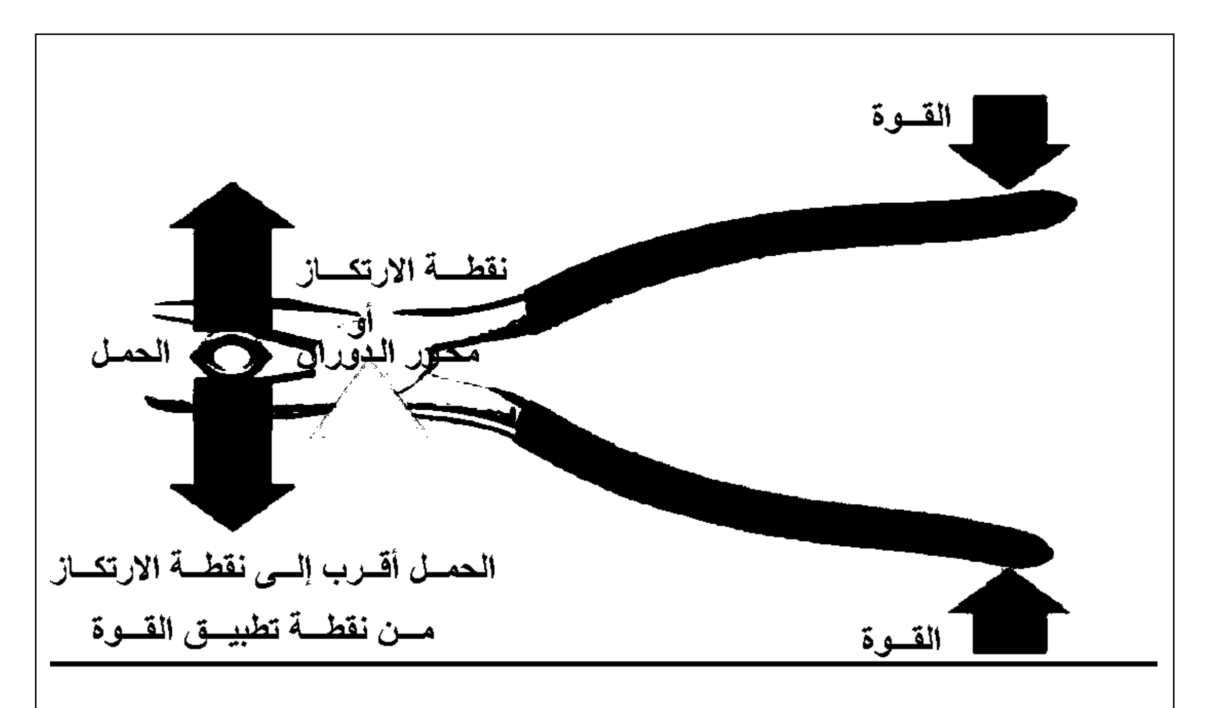
هنالك ثلاثة أنواعٌ رئيسية للرافعات و ذلك اعتماداً على توضع كلٍ من نقطة تأثير القوة و الحمل و محور الدوران أو نقطة الارتكاز بالنسبة لبعضها البعض.

إذا كانت نقطة تأثير القوة أبعد عن محور الدوران من الحمل عندها فإن تلك الرافعة تقوم بتضخيم القوة .

إذا كانت نقطة تأثير القوة أقرب إلى محور الدوران من الحمل فإن ذلك يعني بأن الرافعة تقوم بتخفيض القوة و لكنها تزيد مقدار المسافة.



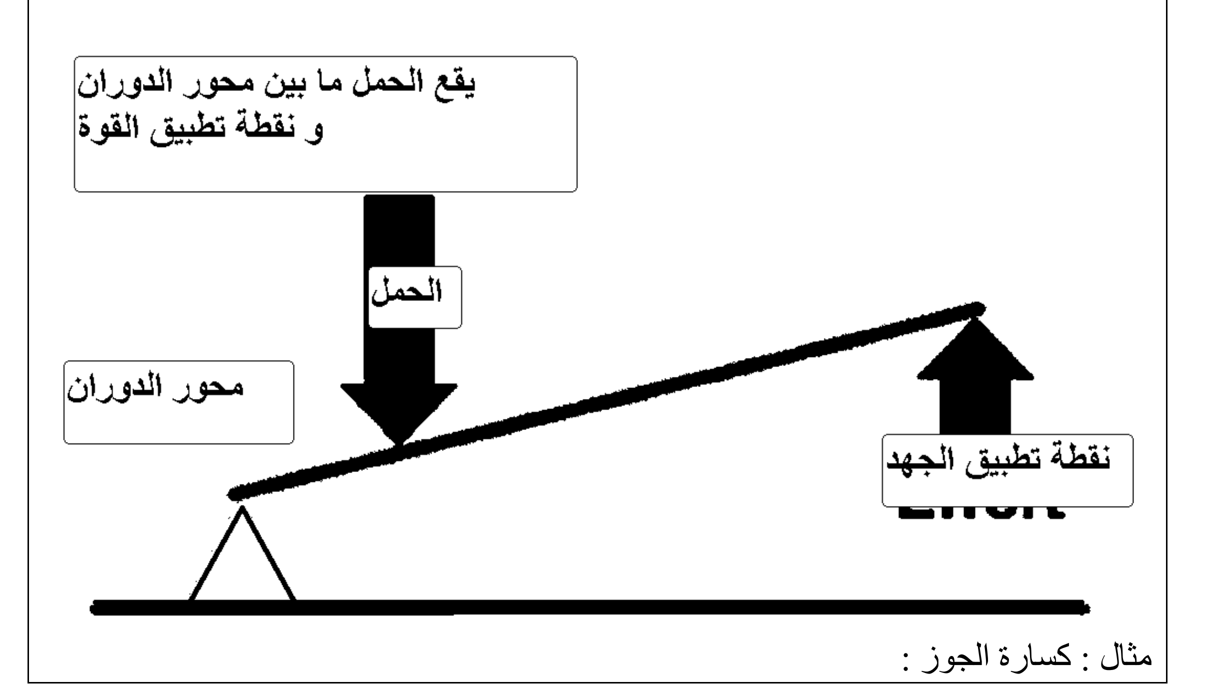
مثال عملي : الكماشة و البينسة .



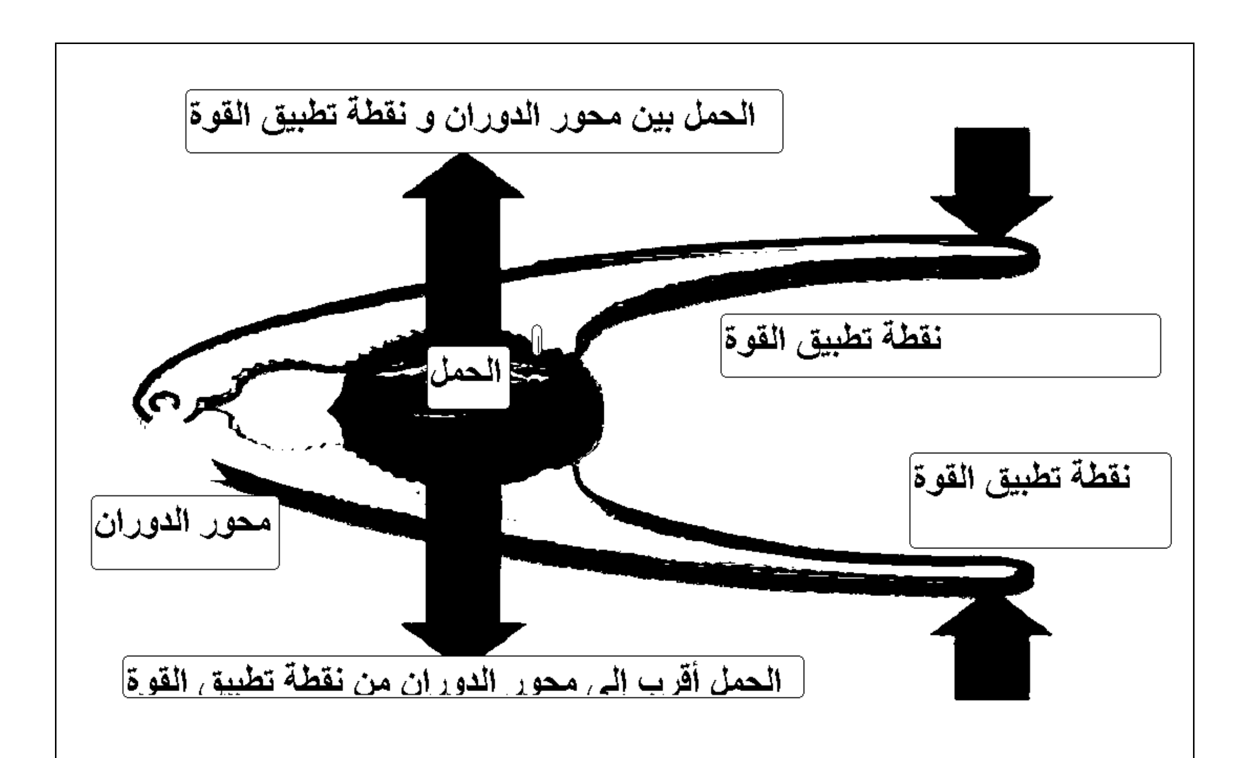
في النمط الأول الذي مر معنا سابقاً يقع محور الدوران ما بين نقطة تطبيق القوة و بين الحمل و تكون نقطة تطبيق القوة أبعد عن محور الدوران من الحمل و ذلك لزيادة و تضخيم القوة المطبقة على الحمل.

مثال النمط الأول الكماشة و البينسة و المقص.

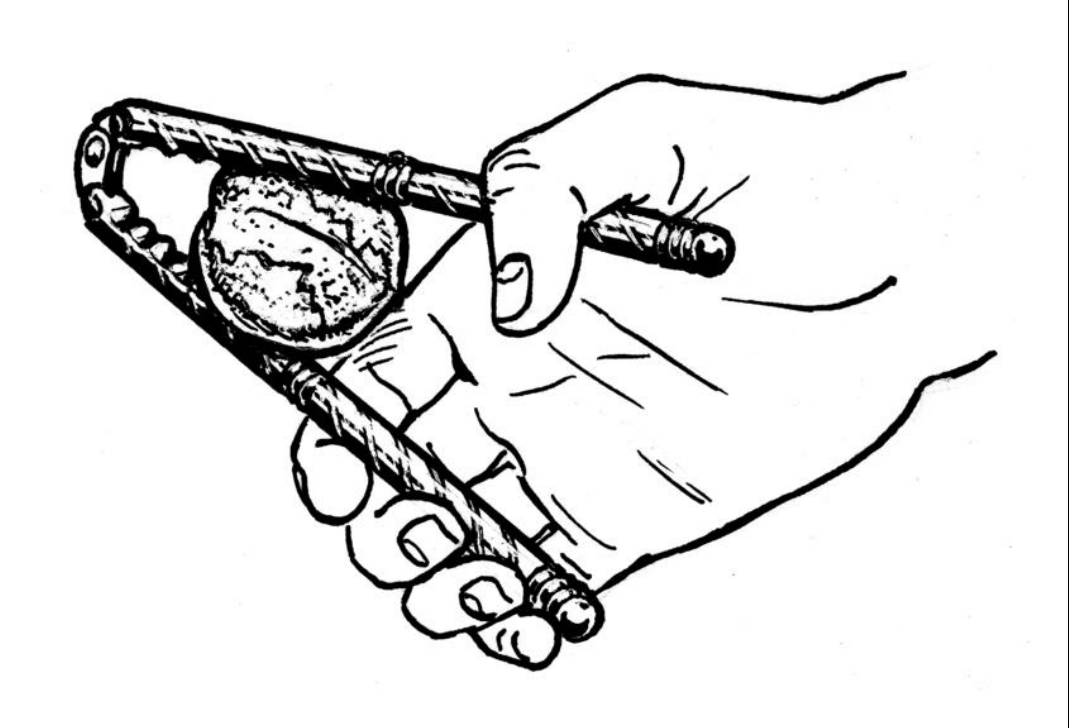
النمط الثانية :

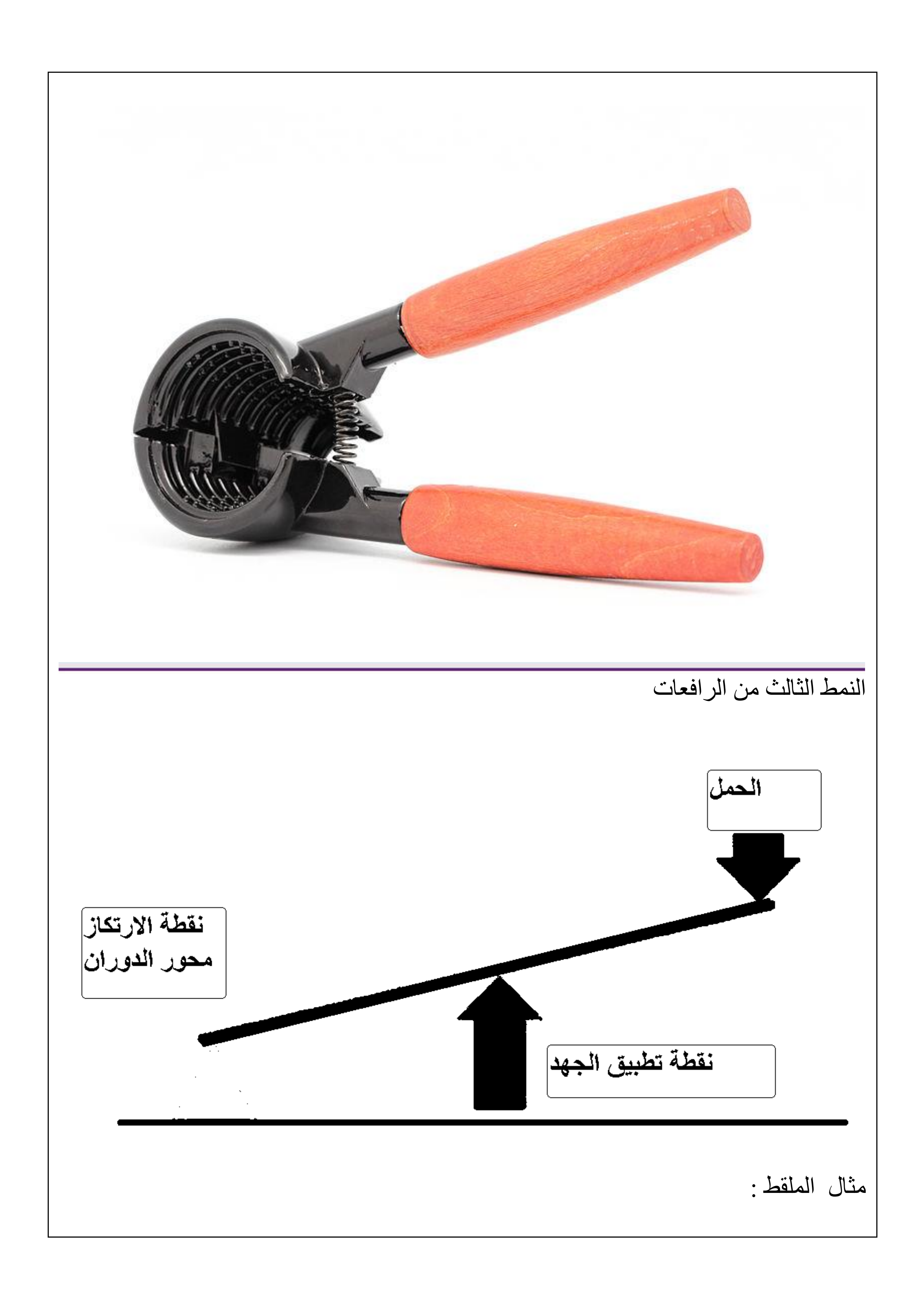


مثال : كسارة الجوز :



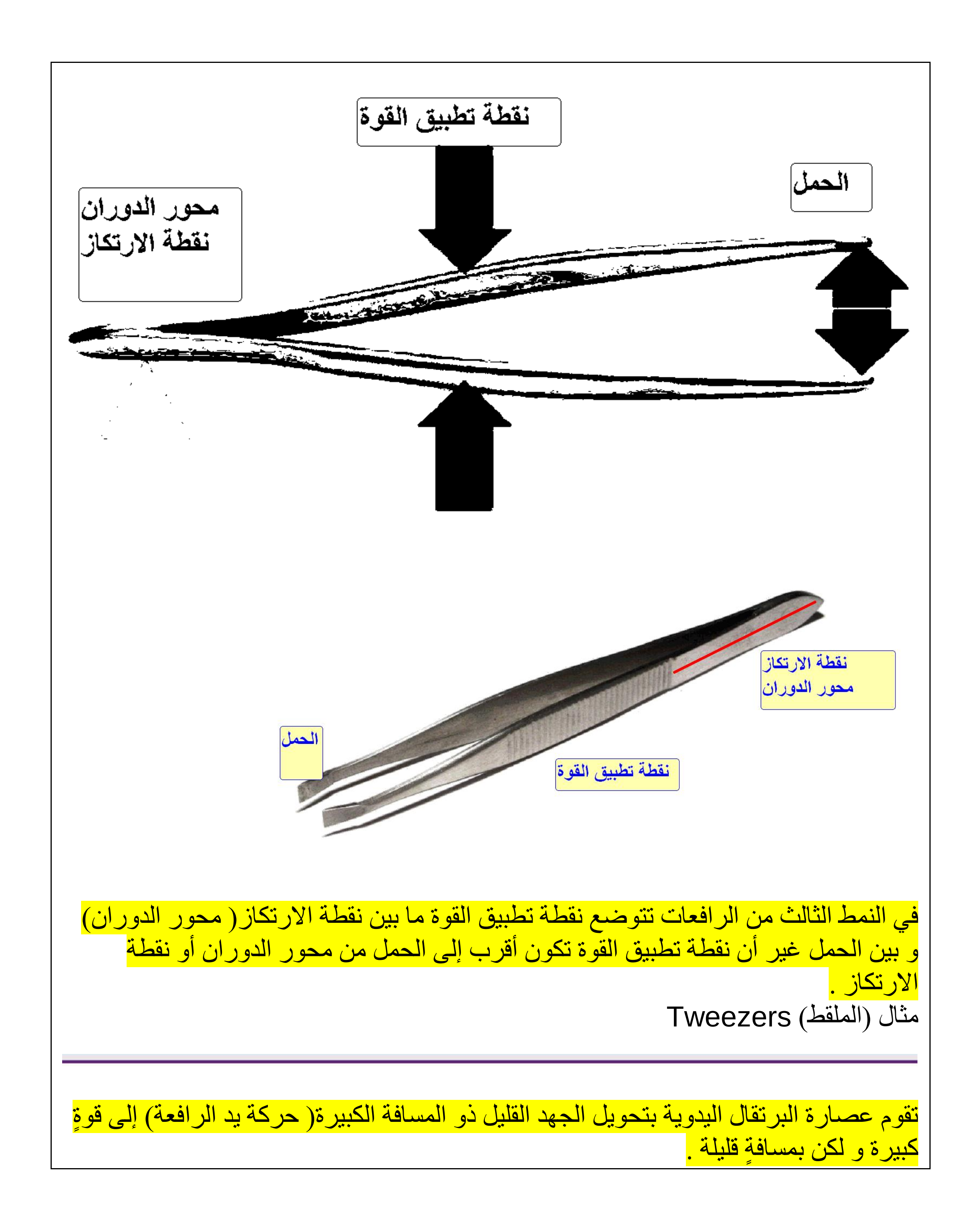
في الرافعات من النمط الثاني يتوضع الحمل ما بين محور الدوران و بين نقطة تطبيق القوة (نهاية ذراع الرافعة) و هذه الرافعة تقوم بتضخيم القوة .
مثال على هذا النوع من الرافعات (كسارة الجوز) Nutcracker حيث تمثل الجوزة حمل الرافعة و هي توضع ما بين محور الدوران أو نقطة الاتكاز و بين نقطة تطبيق القوة أي نهاية ذراعي كسارة الجوز .





النمط الثالث من الرافعات

مثال الملقط :



في النمط الثالث من الرافعات تتوضع نقطة تطبيق القوة ما بين نقطة الارتكاز(محور الدوران) و بين الحمل غير أن نقطة تطبيق القوة تكون أقرب إلى الحمل من محور الدوران أو نقطة الارتكاز .

مثال (الملقط) Tweezers

تقوم عصارة البرتقال اليدوية بتحويل الجهد القليل ذو المسافة الكبيرة(حركة يد الرافعة) إلى قوةٍ كبيرة و لكن بمسافةٍ قليلة .

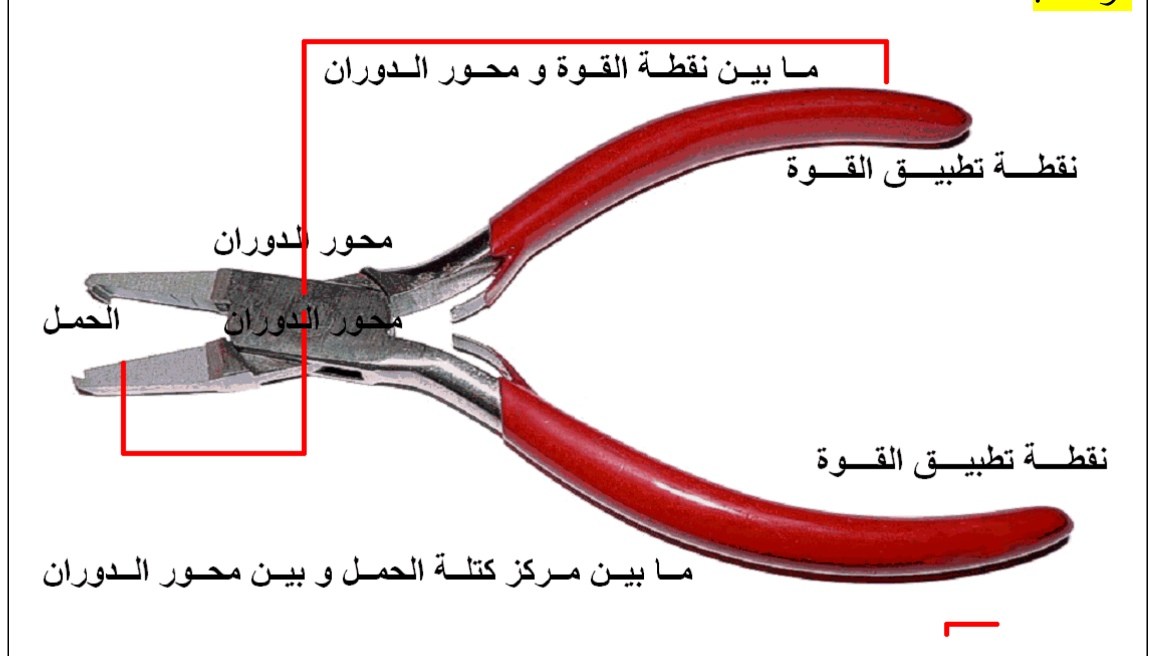



نقطة تطبيق القوة
محور الدوران-نقطة الارتكاز
الحمل

العزم



العزم يعني القوة أو الثقل و هو يقاس بوحدة النيوتن و النيوتن يساوي الكتلة (مقاسةً بالكيلو غرام) ضرب قوة الجاذبية.
يُقاس العزم أو القوة بوحدة النيوتن التي تدل على قوةٍ موجهة (لها اتجاه و لكن ليس لها مسافة).
أما العزم التدويري أو القوة التدويرية فهي حاصل ضرب عاملين اثنين هما العزم (القوة) مقاساً بالنيوتن و المسافة مقاسةً بالمتر .
إن كلمة (تدويري) تدل على مسافة و هي مسافةٌ مترية.
إذاً فإن العزم أو القوة يُقاس بوحدة النيوتن و هو يدل على قوةٍ موجهة و هو ناتج ضرب الكتلة(مقاسةً بالكيلو غرام) في قوة الجاذبية.
أما العزم التدويرى فهو ناتج ضرب القوة أو العزم بالمسافة.
الآن سوف ننتقل لفكرة الثانية و هي أن لكل رافعة قياسين اثنين :
القياس الأول في الرافعة يمتد ما بين محور الدوران أو نقطة الارتكاز وبين مركز كتلة حمل الرافعة .



القياس الثاني في الرافعة يمتد ما بين محور الدوران أو نقطة الارتكاز و بين نقطة تطبيق القوة على ذراع الرافعة .
في كل رافعة مسافتين تقاسان بالمتر و هما البعد ما بين مركز كتلة الحمل و بين محور الدوران و البعد بين محور الدوران و نقطة تطبيق القوة على ذراع الرافعة.

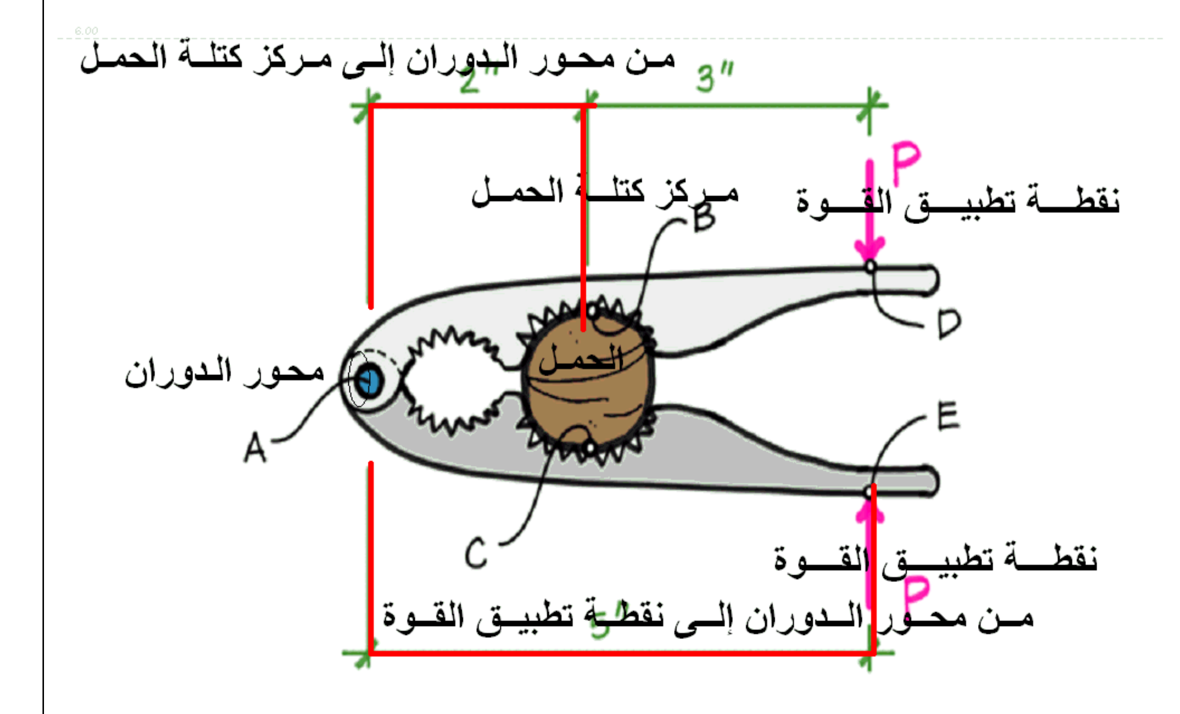
و في كل رافعة قوتين تقاسان بالنيوتن و هما   حمل الرافعة و هو يُمثل العمل الذي يتوجب على الرافعة القيام به مثل الجوزة التي يتوجب كسرها و حمولة العربة اليدوية التي يتوجب رفعها و المسمار الذي يتوجب انتزاعه بالكماشة ، و نقطة تطبيق القوة على ذراع الرافعة و هي القوة التي نبذلها و نطبقها على ذراع أو ذراعي الرافعة لإنجاز عملٍ ما مثل مقدار القوة التي نرفع بها ذراعي العربة و مقدار القوة التي نضغط بها على ذراع عصارة البرتقال أو ذراعي الكماشة مثلاً.

و نقطة تطبيق القوة تُمثل النقطة التي نُطبق عليها القوة في الرافعة لإنجاز عملٍ ما كذراع العربة أو ذراعي المقص أو الكماشة .

هنالك في كل رافعة عزمين تدويريين أو قوتين تدويريتين moments اثنتين و هما :

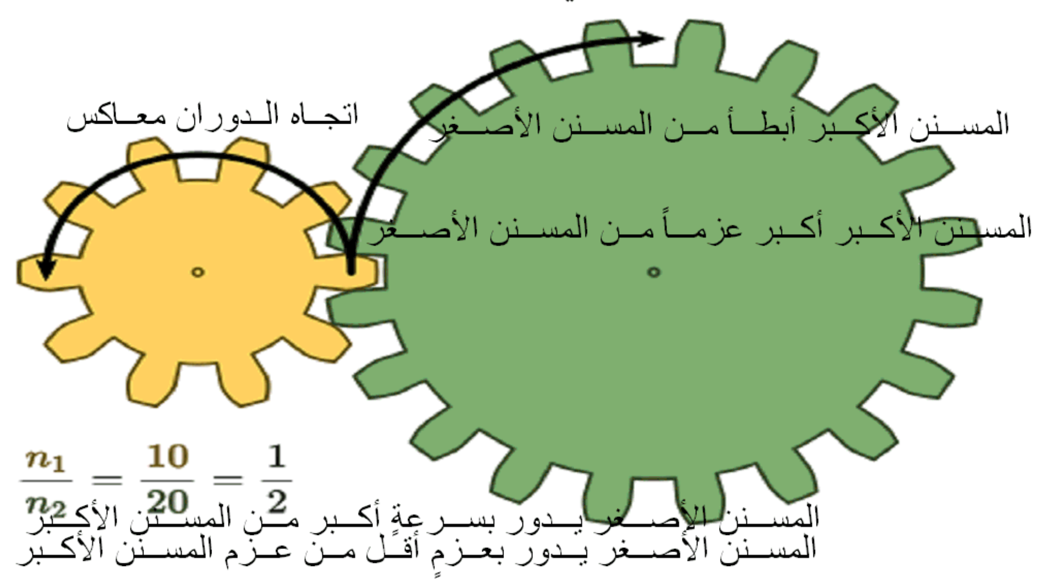
العزم التدويري لحمل الرافعة : و هو ناتج ضرب قوة الحمل(نيوتن) بالمسافة ما بين محور الدوران (نقطة الارتكاز) و مركز كُتلة الحمل.

العزم التدويري للرافعة ككل : و هو ناتج ضرب القوة التي نستخدمها في تحريك الرافعة مقاسةً بالنيوتن بالمسافة ما بين محور الدوران و نقطة تطبيق القوة اللازمة لإنجاز عمل الرافعة.

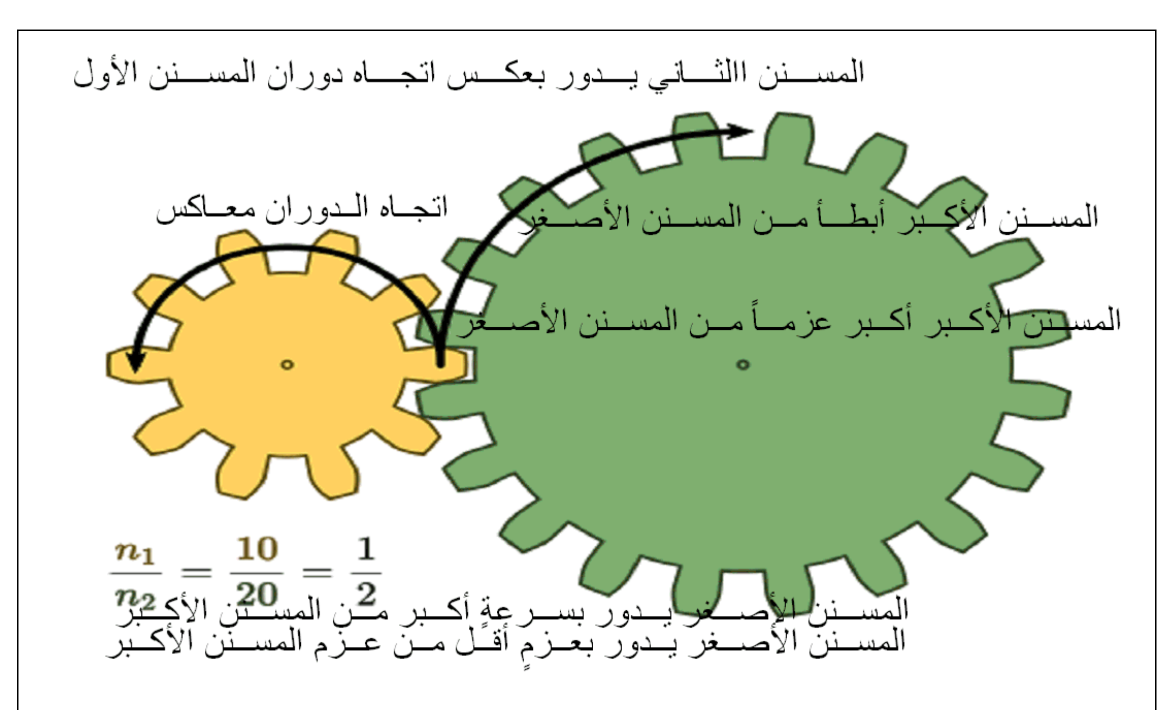


المسننات

تستخدم المسننات في زيادة و خفض القوة أو العزم التدويري .
عند نقل السرعة من مسننٍ لآخر يتم تحويل السرعة أو القوة عند محور المُسنن المقود و ليس عند أسنانه أي أن القوة عند أسنان المُسننين المُتعشقين مع بعضهما البعض تكون واحدة غير أن التحول في العزم التدويري moments (القوة التدويرية turning force) يتم عند محور المُسنن أي في مركزه و ليس في أطرافه.



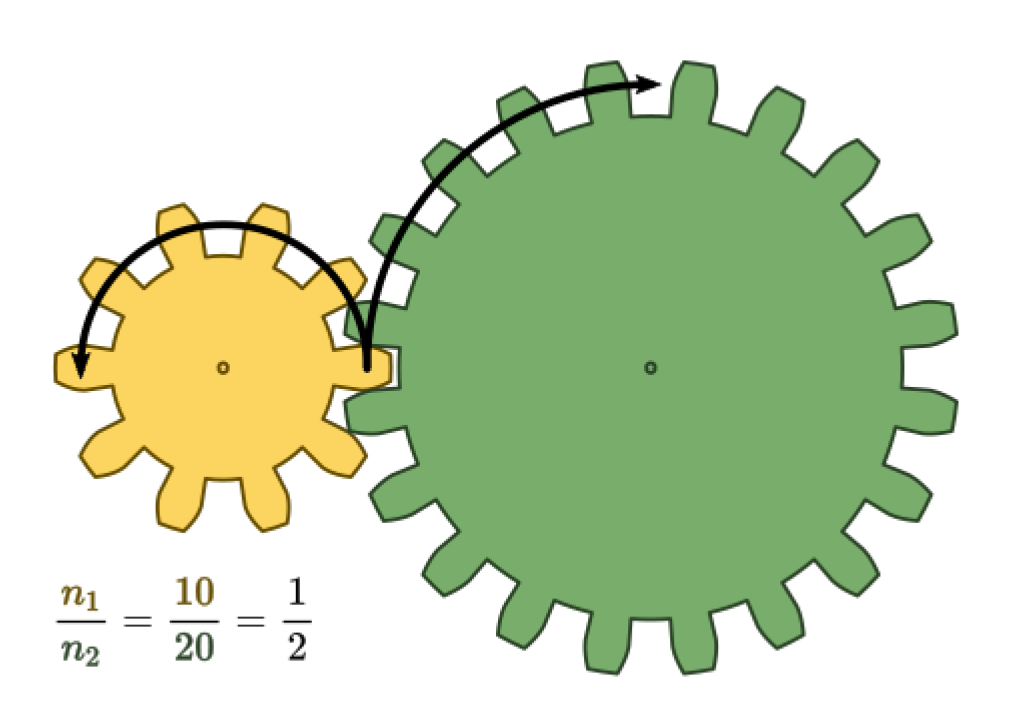
عندما يكون المُسنن المُقاد driven gear أكبر من المُسنن القائد الذي يمده بالحركة فإن المُسنن المُقاد الأكبر حجماً سوف يدور بشكلٍ أبطأ من المُسنن القائد و لكن بعزمٍ تدويري (قوة تدويرية) أكبر، و العكس صحيح أي عندما يكون المُسنن المُقاد أصغر حجماً من المُسنن القائد الذي يقوم بإدارته فإن المُسنن المُقاد الأصغر حجماً سوف يدور بسرعةٍ أكبر و لكن بعزمٍ تدويريٍ أضعف .
إذاً فإن المُسننات تُستخدم إما في زيادة العزم التدويري (القوة التدويرية) أو زيادة السرعة و ذلك تبعاً للعلاقة ما بين المُسنن القائد و المُسنن المُقاد من حيث الحجم.



المُسنن الأكبر يدور بسرعة أبطأ و عزمٍ أكبر من المسسنن الصغير.
المُسنن الأصغر يدور بسرعةٍ أكبر و عزمٍ أقل من المسنن الكبير.
كل مسنن يدور باتجاهٍ معاكسٍ لا تجاه المُسننات المُتعشقة معه.

تقوم المُسننات إما بتضخيم العزم التدويري (القوة التدويرية) أو أنها تقوم بزيادة سرعة الدوران و ذلك وفقاً لحجم المسنن القائد driving gear و ما إذا كان أكبر أو أصغر من المسنن التابع أو المُسنن المُقاد.

إذا كان المُسنن القائد أكبر من المُسنن المُقاد فكلما كانت المسافة أكبر ما بين أسنان المُسنن و بين محوره فذلك يعني بأن ذلك المُسنن يُنتج عزماً تدويرياً أكبر و هذا التصميم يقوم بتضخيم القوة التدويرية.

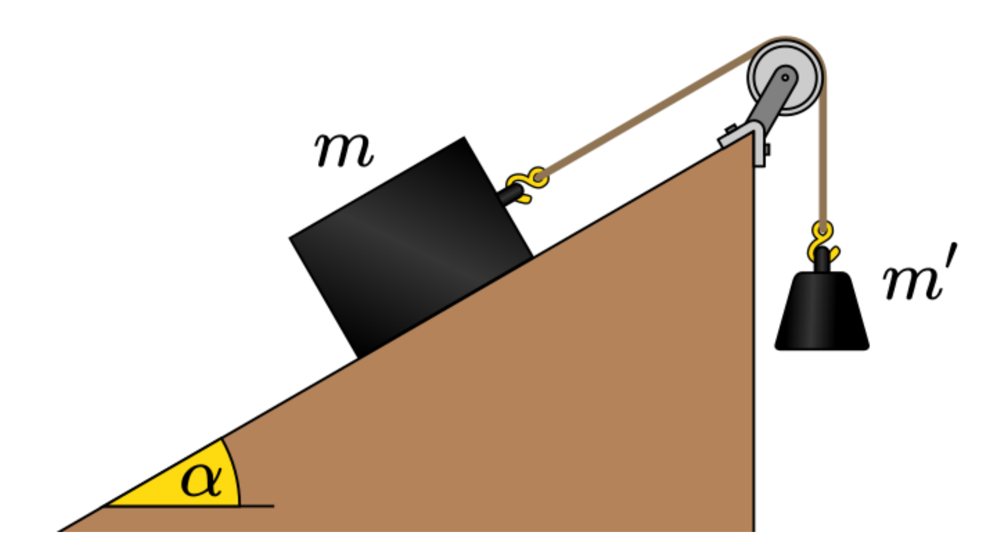


إذا كان المُسنن التابع أو المُسنن المُقاد أصغر من المُسنن القائد فإنه يُنتج عزماً تدويرياً أقل عند محوره و لكنه يدور بصورةٍ أسرع .
يُستخدم هذا التصميم في زيادة السرعة (على حساب العزم التدويري).



و بالنسبة لآلية نقل الحركة في دراجات السباق فإن تعليق جنزير (سلسلة) الحركة على مُسننٍ أمامي كبير و مسننٍ خلفي صغير يؤدي إلى زيادة السرعة(على حساب العزم التدويري)، أما تعليق السلسلة على مُسننٍ أمامي صغير و مَسننٍ خلفي كبير فإنه يؤدي إلى زيادة العزم التدويري moment على حساب السرعة.

تعتبر المسامير و الأزاميل و الخوابير بمثابة آلياتٍ نقوم بتركيز القوة (الضربات) التي تتلقاها على طرفها العريض في نهايتها الحادة .
تعمل المنحدرات ذات الميلان الطفيف على تسهيل رفع الأحمال إلى المواقع المرتفعة من خلال زيادة المسافة التي يتوجب قطعها أي أن المسافة التي يتوجب أن نقوم برفع الحمل فيها عند استخدام منحدر تزيد عن المسافة التي يتوجب قطعها لو أننا قمنا برفع الحمل إلى مكان مرتفع دون استخدام منحدر و في المحصلة فإن مقدار العمل المبذول لرفع الحمل باستخدام منحدر مع اعتبار المسافة الطويلة التي يتوجب قطعها تساوي مقدار العمل الذي يتوجب بذله لرفع الحمل إلى مكانٍ مرتفع دون منحدر .

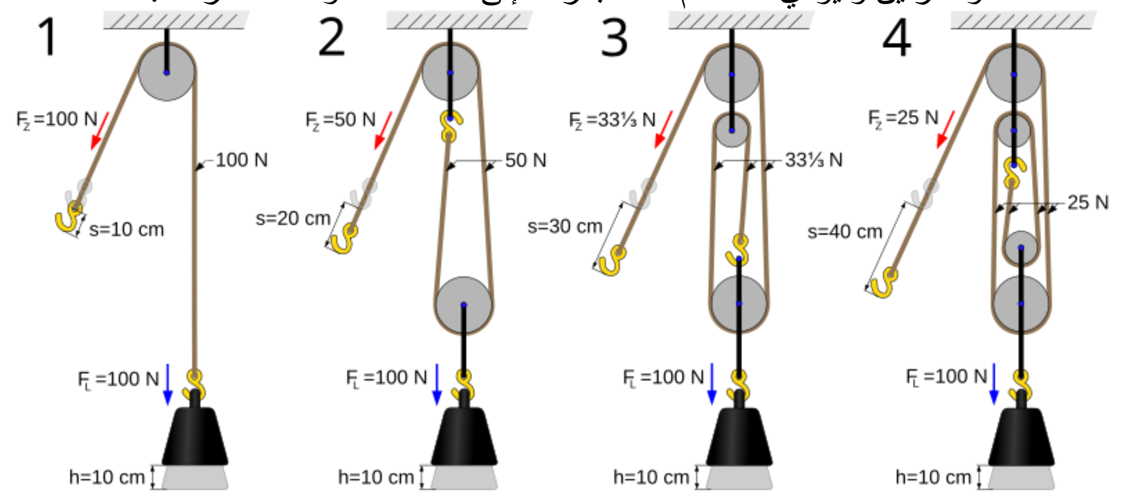


و يعمل البرغي Screw على المبدأ ذاته حيث يعمل لولب البرغي على زيادة القوة عن طريق إطالة المسافة حيث يتوجب تدوير البرغي مسافةً أكبر من المسافة التي يخترق فيها الخشب .

و تعمل عجلة قيادة السيارة على شكل رافعة دائرية circular lever تستطيع تضخيم و خفض القوة حيث تعمل عجلة قيادة السيارة على تضخيم القوة .

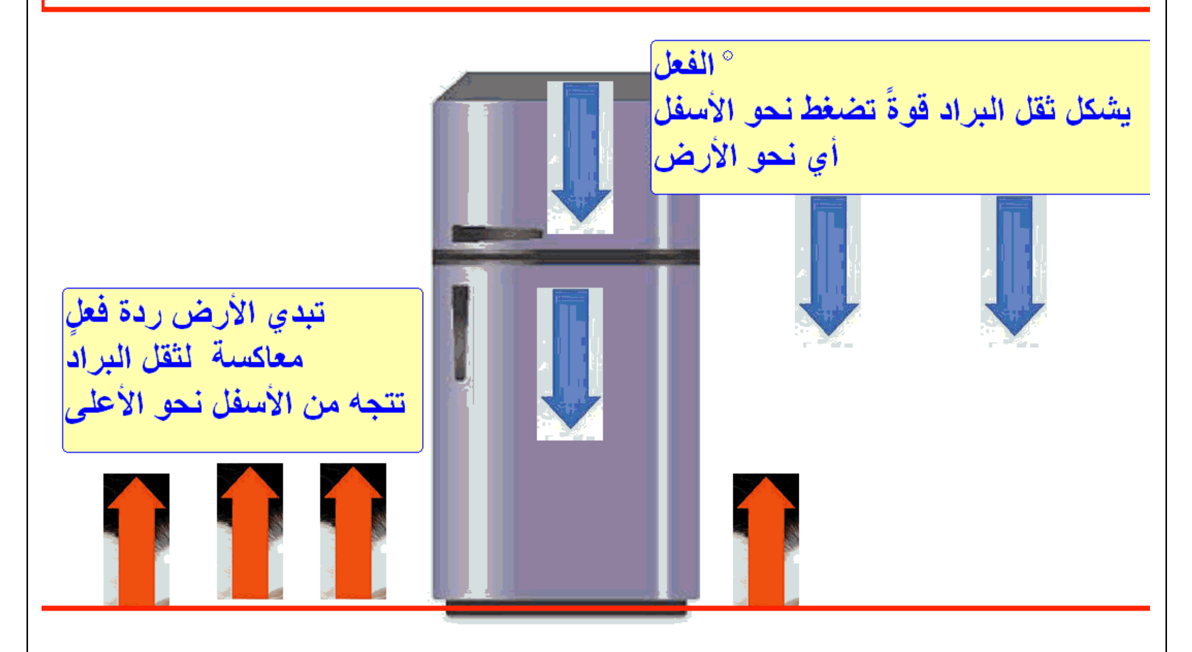
البكرات Pulleys

يؤدي استخدام بكرة واحدة مع حبل إلى عكس اتجاه القوة بينما يؤدي استخدام بكرتين إلى مضاعفة القوة مرتين و يؤدي استخدام ثلاث بكرات إلى مضاعفة القوة ثلاث مرات .



الفعل و رد الفعل

وفقاً لقانون نيوتن الثالث Newton’s third law في الحركة فإن لكل فعلٍ (قوة) ردة فعلٍ تُساويه في القوة و تُعاكسه في الاتجاه.
تؤثر قوى التوازن على الجسم ذاته ، أما قوتي الفعل و ردة الفعل فإنهما تعملان على جسمين اثنين و ليس على جسمٍ واحد.
علينا الانتباه إلى عدم الخلط ما بين قوى التوازن و بين قوتي الفعل و ردة الفعل حيث تعمل قوتي الفعل و ردة الفعل على جسمين مختلفين .



إن كلاً من قوتي الفعل و ردة الفعل هما قوتين حقيقتين و يُمكن لهما أن تُحدثا تغيراً فعلياً على حركة أو شكل الجسم.
عنما تصطدم كرةٌ بجدار فإن الكرة تُطبق قوةً على الجدار و بدوره فإن الجدار يُطبق قوةً مساوية و معاكسة في الاتجاه على الكرة .
إن الجدار في الحالة السابقة يبقى ثابتاً غير أن الكرة تتلقى دفعةً في الاتجاه المُعاكس .

القوى الغير تلامسية noncontact forces

يُقصد بالقوى الغير تلامسية القوى التي ينتقل تأثيرها إلى الجسم دون تلامس كقوة الجذب و النبذ المغناطيسية و قوة جذب و نبذ الكهرباء الساكنة .
إن قانون نيوتن الثالث في الحركة (في الفعل و ردة الفعل المعاكسة المساوية) ينطبق كذلك على القوى الغير تلامسية فالأرض مثلاً تجذب إليها الأجسام التي تقع ضمن مجال جاذبيتها و كل جسمٍ من تلك الأجسام بدورها تُطبق قوةً مساوية و معاكسةً في الاتجاه لقوة الجاذبية الأرضية.

قانون الجاذبية Law of gravity

كل جسم ذو كتلة يمارس قوة جذب على الأجسام الأخرى التي لها كُتلة و التي تقع ضمن حقل جاذبيته.
يُمكن حساب قوة الجاذبية بين جسمين من خلال قانون نيوتن في الجاذبية الكونية و وفقاً لهذا القانون فإن قوة الجاذبية بين أي جسمين تكون متناسبةً مع نتيجة ضرب كتلتيهما ببعضهما البعض .
غير أن قوة الجاذبية تتضاءل كلما ابتعد الجسمين المتجاذبين عن بعضهما البعض بشكلٍ يتناسب مع مربع بعدي مركزيهما عن بعضهما البعض .
جميع الأجسام التي لها كتلة تكون محاطةً بحقل جاذبية يقوم بجذب الأجسام الأخرى التي لها كُتلة.
تكون قوة الجاذبية بين جسمين مُتناسبة مع حاصل ضرب كتلتيهما.
تتناسب قوة الجاذبية بين جسمين عكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما (و ليس مع سطحيهما).

$$F_1=F_2=G\frac{M1\times M2}{r2}$$

قوة جاذبية الجسم الأول للجسم الثاني F_1 =قوة جاذبية الجسم الثاني للجسم الأول F_2 =ثابت الجاذبية G
ضرب (كتلة الجسم الأول $M_2\times$كتلة الجسم الثاني M_2 \ مربع المسافة بين مركزي هذين الجسمين)
gravitational constant ثابت الجاذبية G
r^2 مربع البعد بين مركزي الجسمين (و ليس بين سطحيهما) .
M=mass= كتلة

قانون التربيع العكسي inverse square law

قانون التربيع العكسي

في الفيزياء، قانون التربيع العكسي هو قانون فيزيائي ينص على أن الكمية أو القوة الفيزيائية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة من مصدر تلك الكمية الفيزيائية.
وعلى وجه الخصوص، ينطبق قانون التربيع العكسي في الحالات التالية:
إن قوة الجذب بين جسمين ضخمين، بالإضافة إلى أنها تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما، تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بينهما؛ تم اقتراح هذا القانون لأول مرة من قبل الفلكي الفرنسي إسماعيل بوليالدوسIsmael Bullialdus ولكن تم وضعه على أساس متين من قبل إسحاق نيوتن.

قانون التربيع العكسي inverse square law

تتناسب الكمية أو القوة الفيزيائية عكسيا مع مربع بعدها عن مصدر تلك الكمية الفيزيائية.
عندما تزداد المسافة بين جسمين فإن قوة الجاذبية بينهما تنخفض بشكلٍ متناسبٍ مع مربع المسافة (بين مركزيهما).
لا يقتصر قانون التربيع العكسي على الجاذبية بل إنه ينطبق على الكثير من المقادير الفيزيائية مثل قوة جذب الكهرباء الساكنة و شدة الإضاءة.

حيث تنخفض شدة الإضاءة بشكل يتناسب مع مربع المسافة بين مصدر الضوء و الجسم المُضاء أو الفضاء المُضاء فعندما تتضاعف المسافة بين مصدر الإضاءة و الجسم المضاء أو الفضاء المُضاء فإن الضوء ينتشر إلى أربعة أضعاف المساحة و يُغطي أربعة أضعاف المساحة السابقة و في الوقت ذاته فإن شدته تنخفض بمعدل الربع :

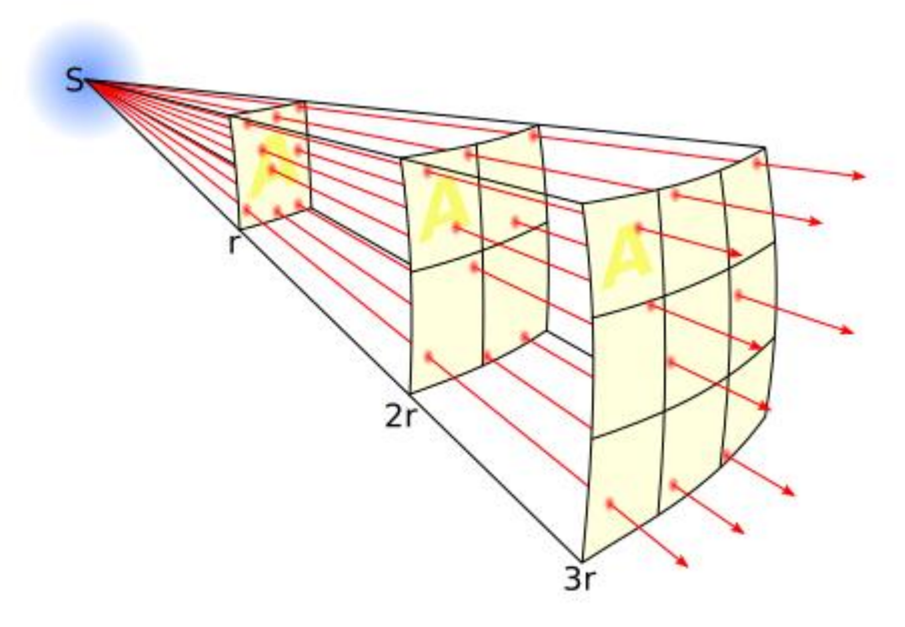
$$2^2=2\Lambda 2=2\times 2=4$$

و عندما تتضاعف المسافة التي يقطعها الضوء ثلاث مرات فإن الإضاءة تنتشر و تغطي تسعة أضعاف المساحة السابقة و في الوقت ذاته فإن شدته تنخفض بمعدل تسع مرات:

$$3^2=3\Lambda 2=3\times 3=9$$

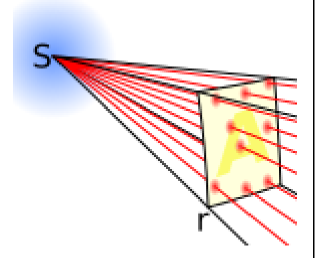
دائماً نرفع المسافة للقوة الثانية .

إن المقدار الفيزيائي سواءً أكان إضاءةً أو حقل جاذبية أو حقل كهرباءٍ ساكنة ينتشر و تنخفض شدته بمعدلٍ يساوي مربع المسافة التي يقطعها.

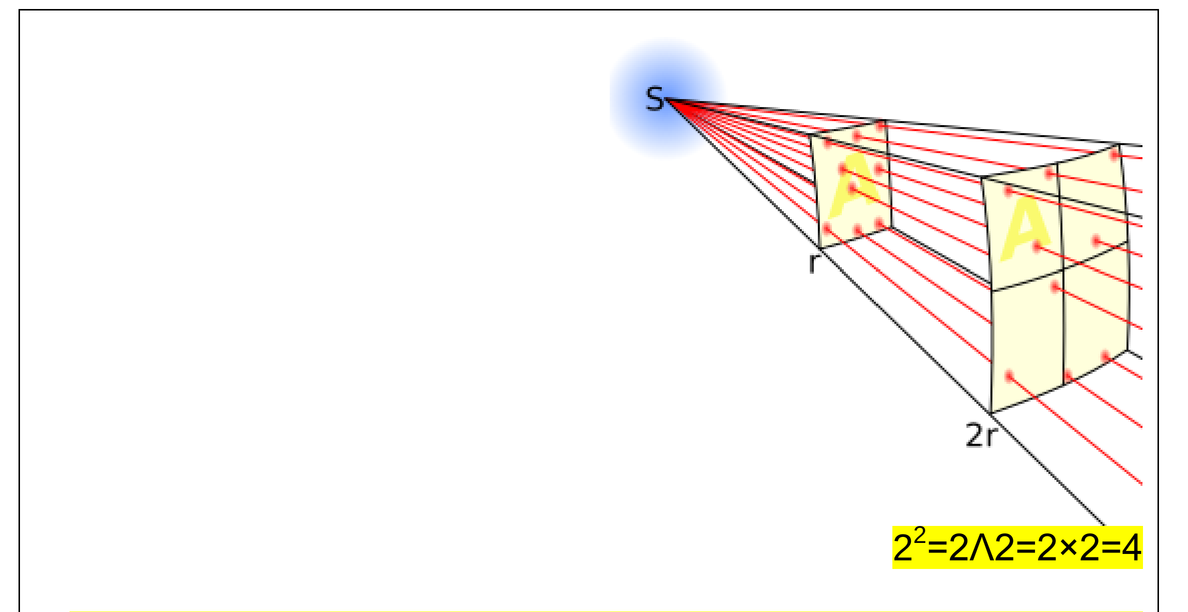


بدايةً تكون المسافة واحد 1 و الانتشار واحد 1 ، و لذلك فإننا نرفع المسافة واحد للقوة الثانية :

$$1^2=1\Lambda 2=1\times 1=1$$



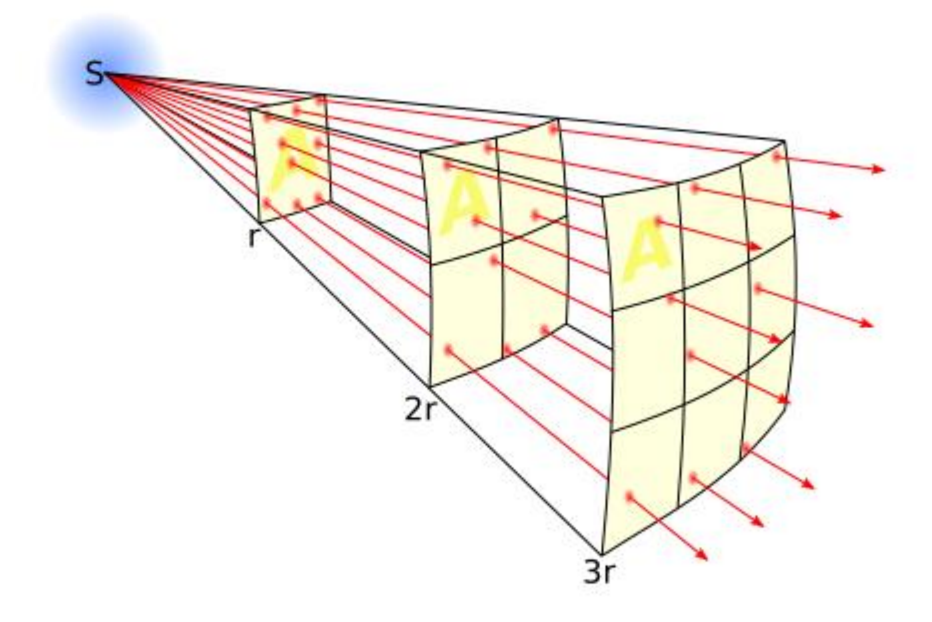
و بعد أن تتضاعف المسافة التي قطعها الضوء (أو حقل الجاذبية) مرتين فإن انتشار الضوء أو قوة الجاذبية يكون كذلك مرفوعاً للقوة الثانية و كذلك فإن شدة الإضاءة أو شدة الجاذبية سوف تنخفض بمعدلٍ يساوي مربع المسافة :



$2^2=2\wedge2=2\times2=4$

و عندما تتضاعف المسافة التي قطعها الضوء أو حقل الجاذبية ثلاث مرات فإن انتشار الضوء سوف يزداد بمعدلٍ يساوي المسافة التي قطعها الضوء مرفوعةً للقوة الثانية و كذلك فإن شدة الإضاءة أو شدة الجاذبية سوف تنخفض بمعدلٍ يساوي مربع تلك المسافة:

$3^2=3\wedge2=3\times3=9$



و هكذا.



قانون التربيع العكسي inverse square law

عندما تزداد المسافة بين جسمين فإن قوة الجاذبية بينهما تنخفض بشكلٍ يتناسب مع مربع المسافة بين مركزيهما.

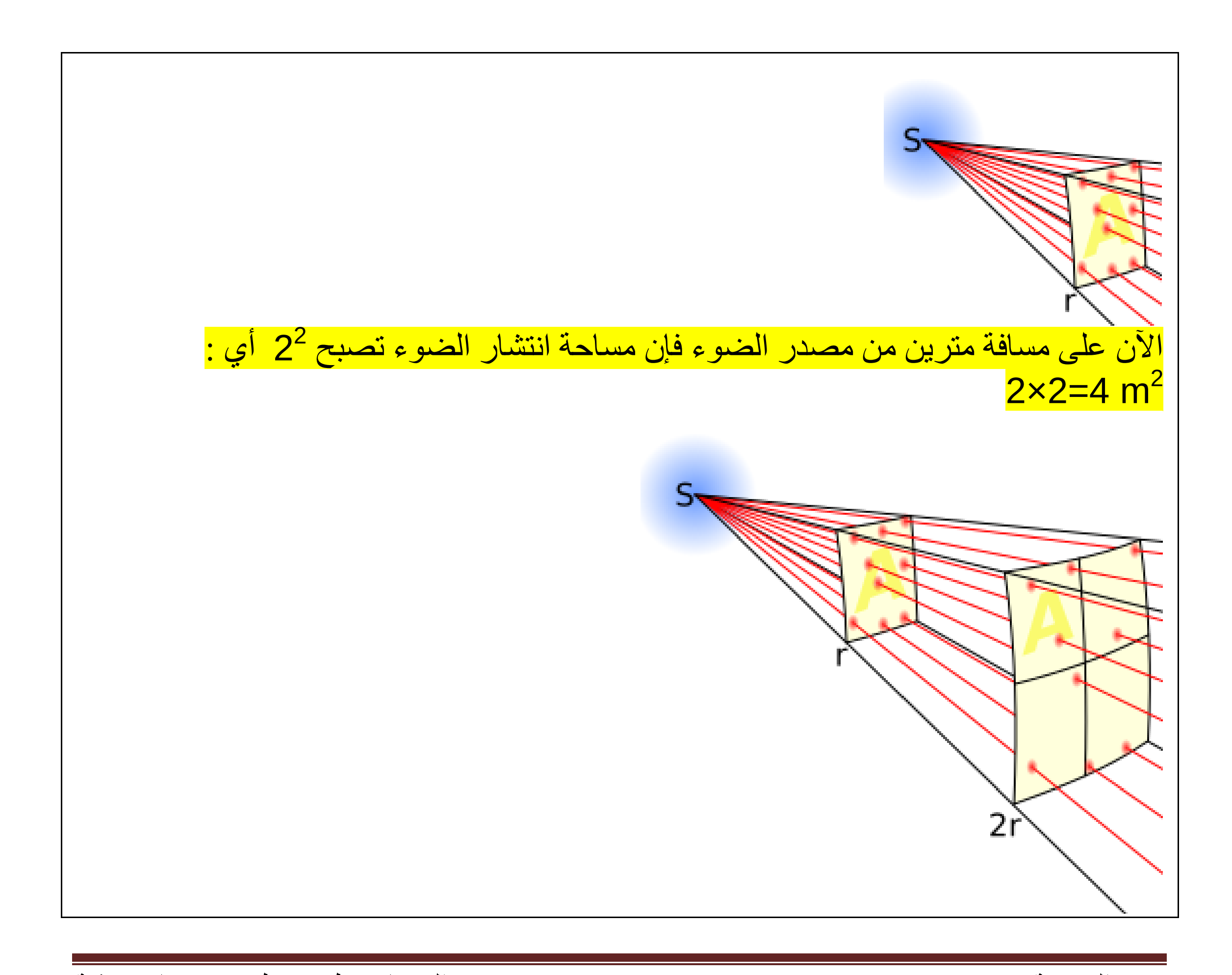
إن المسألة تتم على الصورة التالية:

ما هي أقصى مسافة يُمكن أن تبقى فيها شدة الإضاءة أو شدة حقل الجاذبية أو شدة الكهرباء الساكنة كما هي عند المصدر دون تغيير؟

هذه المسافة ما بين مصدر الإضاءة أو مصدر حقل الجاذبية و آخر نقطة تحافظ فيها الإضاءة أو جاذبية حقل الجاذبية على قوتها دون تغيير كما هي عند المصدر هي وحدة القياس ، و بعد ذلك كلما تضاعفت وحدة القياس تلك فإن حقل الجاذبية أو الإضاءة تبدأ بالانتشار على مساحةٍ تعادل مربع تلك المسافة و بالتالي فإنها تتلاشى و تضعف بمعدلٍ يُعادل مربع تلك المسافة .

لنفترض بأن مصدر إضاءة يُحافظ على شدة إضاءته لمسافة مترٍ واحد و أن هذه الإضاءة التي تُماثل في شدتها شدة مصدر الإضاءة تُغطي متراً واحداً.

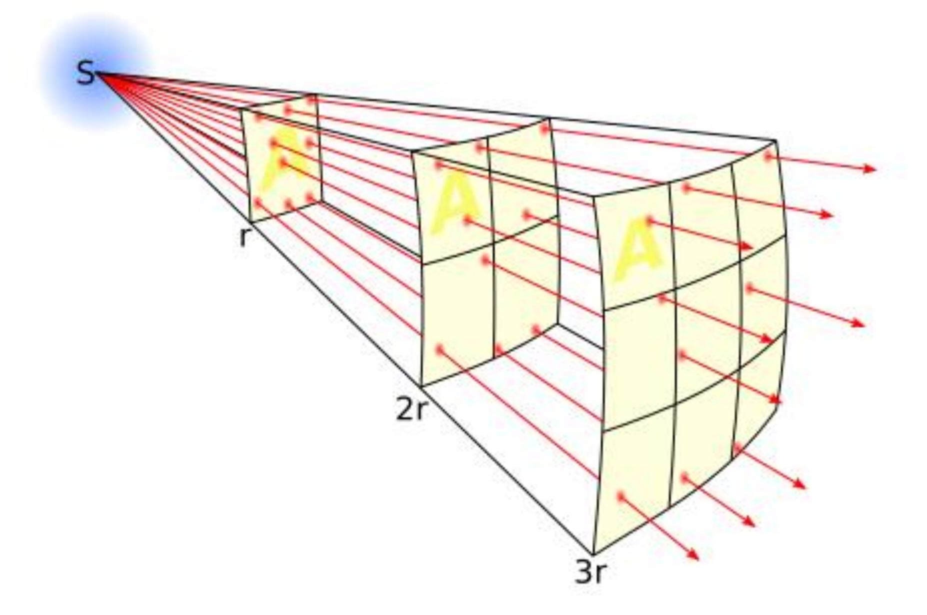
أي أن إضاءة مصدر الضوء تبدأ بالضعف بعد مسافة 1 متر بعد أن تغطي مساحةً قدرها متراً واحداً.



الآن على مسافة مترين من مصدر الضوء فإن مساحة انتشار الضوء تصبح 2^2 أي :
$2\times2=4\ m^2$

و على مسافة ثلاثة أمتار من مصدر الضوء فإن المساحة التي يُغطيها الضوء تُصبح 3^2 أي $3\times3=9\ m^2$

9 متر مربع ، كما أن معدل انخفاض شدة الإضاءة نتيجة تشتتها يصبح كذلك 3^2 أي $3\times3=9$



دائماً فإن معدل انتشار المقادير الفيزيائية على مساحة معينة و معدل التلاشي و الضعف يساوي مربع المسافة التي يقطعها ذلك المقدار الفيزيائي.

معـــدل تشـــتت الإضـــاءة و انخفاضـــها

$$I = 1/d^2$$

I/16 انتشـــار الاضـــاءة ٩ مرات

I/9

انتشـــار الاضـــاءة ١٦ مرة

الاضـاءة كاملـة

I

I/4

مصـدر الضـوء

انتشـــار الاضـــاءة ٤ مرات

Source

مسـافة واحـدة

مسـافة مضـاعفة ٣ مرات

d 2d 3d 4d

مسـافة مضـاعفة مـرتين

مسـافة مضـاعفة ٤ مرات

المســافة لـــتي يقطعهـــا الضـــوء

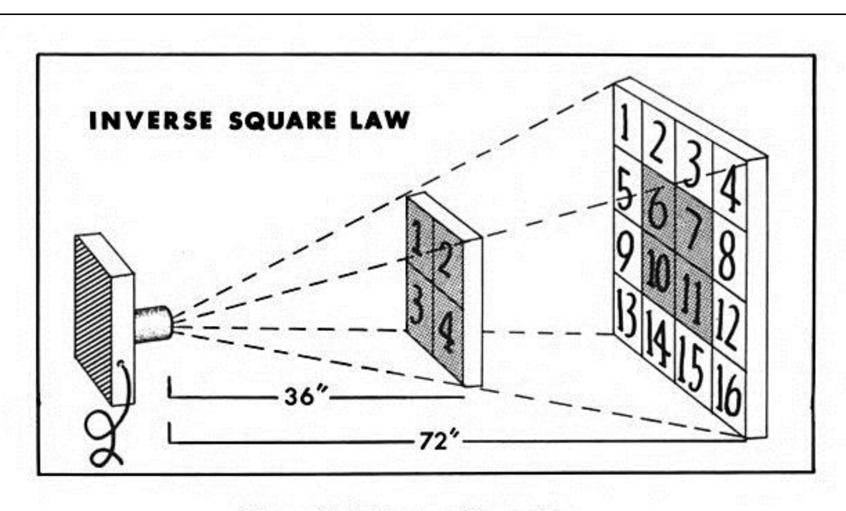
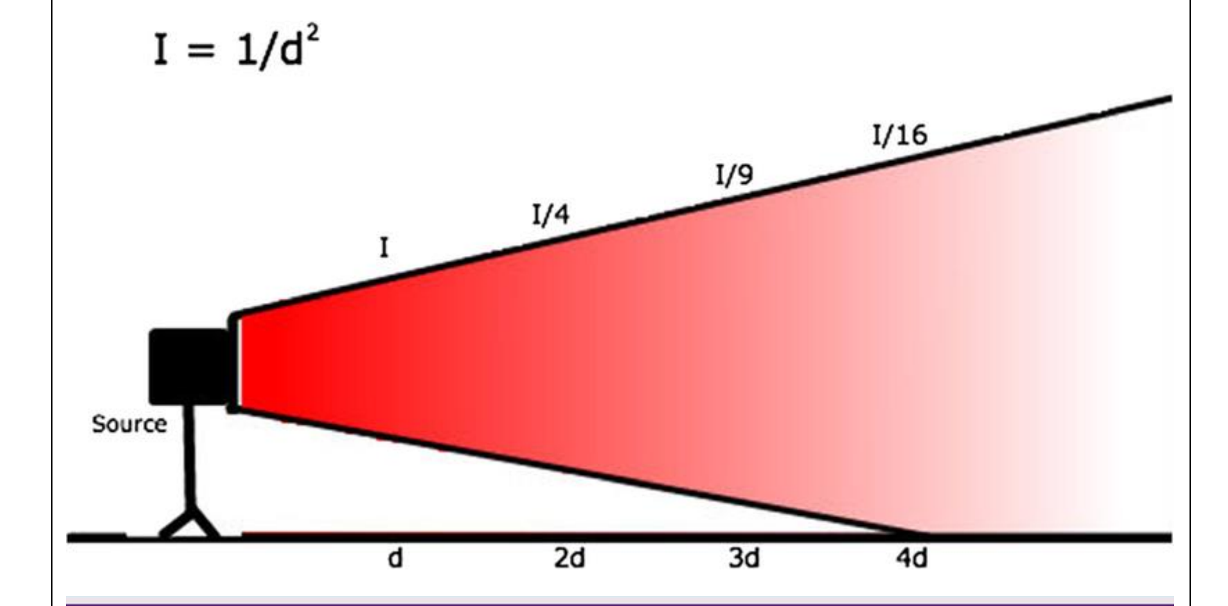


Figure 5-4 Inverse Square Law



قانون نيوتن الثاني New ton’s second law

عندما تؤثر قوىً غير متوازنة قس جسمٍ ما فإنه يتسارع .
M=mass كتلة
F=Force قوة
a=acceleration تسارع
القوة(مقاسةً بالنيوتن)=الكتلة(كيلو غرام)×التسارع(متر\مربع الثانية).
$N=kg\times m/s^2$

القصور الذاتي للكتلة – عطالة الكتلة Inertial mass

نعني بالقصور الذاتي للكتلة مقدار الصعوبة التي نواجهها في تغيير سرعة جسمٍ ما .
نقصد بالسرعة الموجهة velocity و ليس السرعة غير الموجهة speed .

يصعب تحريك الأجسام الضخمة إذا كانت متوقفة ، و إذا كانت تلك الأجسام الضخمة مُتحركة فمن الصعب إيقافها و ذلك بسبب ضخامة مقدار قصورها الذاتي.
يُرمز للقصور الذاتي للكتلة أو عطالة الكتلة بالحرف m و هي تُمثل مقدار الصعوبة و الجهد اللازمين لتحريك جسمٍ ساكن أو إيقاف حركو جسمٍ مُتحرك أي مقدار الصعوبة في تغيير سرعة ذلك الجسم و تُحسب عطالة الكُتلة m بالمعادلة التالية :

$$m=\frac{F}{a}$$

عطالة الكتلة أو القصور الذاتي للكُتلة=القوة(نيوتن) \التسارع(متر في مربع الثانية)



حصان يجر عربة تبلغ كتلتها 1500 kg بقوةٍ تبلغ 800 N نيوتن .
ما هو تسارع تلك العربة؟
كما تعلمنا سابقاً فإننا نُعيد ترتيب المعادلة دائماً بحيث يُصبح مجهول المسألة و مطلوبها هو ذاته نتيجة المعادلة و مطلوبها فإذا كانت معادلة حساب القصور الذاتي للكتلة هي :

$$m=\frac{F}{a}$$

عطالة الكتلة أو القصور الذاتي للكُتلةm =القوة(نيوتن)F \التسارعa (متر في مربع الثانية)
و بما أن المطلوب حسابه و مجهول المعادلة هو تسارع العربة α فإننا نجعل منه نتيجةً لعملية القسمة و بذلك فإننا نُخرجه من العملية الحسابية كونه عنصرٌ مجهول و نحصل على عملية قسمة اعتيادية كلٌ من المقسوم و المقسوم عليه فيها طرفين معلومين:

$$a=\frac{F}{m}$$

التسارع(متر\مربع الثانية)=القوة اللازمة بالنيوتن تقسيم الكتلة (بالكيلو غرام).
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$a=\frac{800\ N}{1500}$

$800/1500=$

$800\div1500=0.5\ m/s^2$

أي أن تسارع العربة يبلغ $0.5\ m/s^2$

كيف أعدت ترتيب العناصر في المعادلة السابق.

$A=\frac{B}{C}\rightarrow C=\frac{B}{A}$

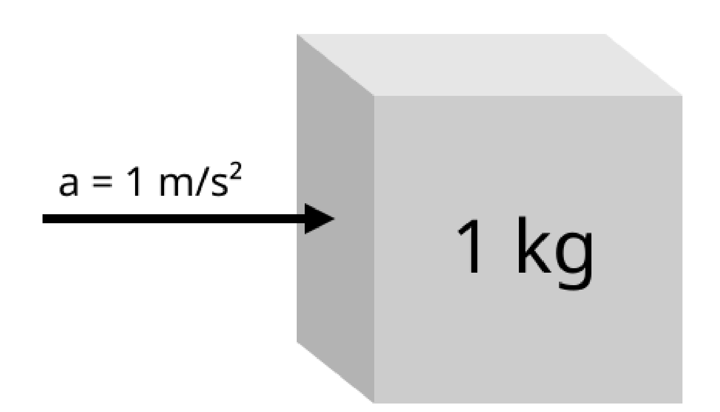
$A=2$

$B=10$

$C=5$

$2=\frac{10}{5}\rightarrow 5=\frac{10}{2}$

$2=2$

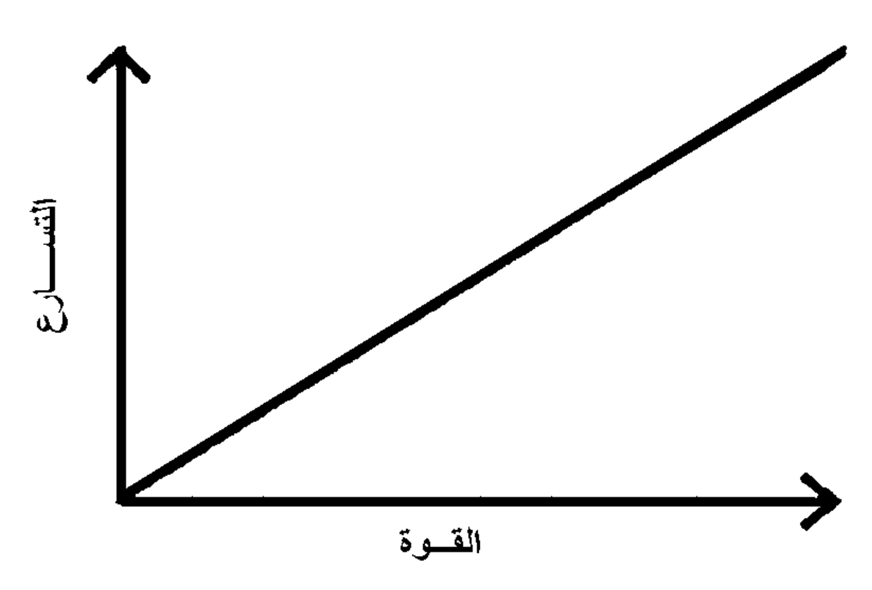


واحد نيوتن = واحد كيلو غرام يتم تحريكه بسرعة واحد متر في مربع الثانية.

هنالك علاقة تناسبٌ طردي ما بين ما بين القوة و التسارع فإذا تضاعفت القوة المؤثرة على جسمٍ ما فإن تسارع ذلك الجسم يتضاعف كذلك .

بينما هنالك علاقةُ تناسبٍ عكسي ما بين الكتلة و التسارع فإذا تضاعفت الكُتلة فإن التسارع ينخفض إلى النصف.

في تجارب التسارع يمكننا تعويض فاقد الاحتكاك بجعل مسار التجربة مائلاً.



يُظهر الرسم البياني السابق كيف أن هُنالك علاقةُ تناسبٍ طردي ما بين القوة و الُسرعة.



يُظهر الخط البياني المُنحني نحو الأسفل الرسم البياني السابق أن هنالك علاقة تناسبٍ عكسي ما بين السُرعة و الكُتلة .

إذا تضاعفت الكتلة فإن السُرعة تتناقص بمعدل النصف.



مفهوم المُحصلة الكلية ي الفيزياء

إن مفهوم المُحصلة الكُلية هو من المفاهيم الهامة جداً في الفيزياء و له تطبيقاتٌ لا تُحصى، فالاستطاعة الكهربائية التي تقاس بوحدة الواط W هي ناتجُ ضرب الجهد(الفولت) بشدة التيار(الأمبير) و لو كان الأمبير مُنخفضً جداً و كان الجهد عالي أو كان الأمبير عالي و الجُهد منخفض فإن الاستطاعة ستكون واحدة .

الاستطاعة (واط) =الجهد(فولت)×شدة التيار(أمبير).

إن الاستطاعة عند دخل المحول و على ملفه الابتدائي تساوي الاستطاعة عند مخرج المحول و على ملفه الثانوي.

إذاً ما هي فائدة المحول و ما الذي يفعله المحول طالما أن استطاعة دخله تساوي استطاعة خرجه؟

إن المحول إما أن يقوم برفع الجهد(الفولت) على حساب شدة التيار (الأمبير) و إما أن يقوم برفع شدة التيار(الأمبير) على حساب الجهد(الفولت).

و لكن ذلك دائماً يتم ضمن حدود استطاعة الدخل و لا يتجاوزها أبداً بمعنى أن الاستطاعة مثلاً إذا كانت 60 W واط *فإن الخرج يجب حتماً أن يكون* 60 W *(ناقصة بعض الضياعات التي تتسبب بها المقاومة) و لكن هذه الستين واط قد تكون على الصورة :*

10V×6A=60 W

10A×6V=60W

2V×30A=60W

2A×30V=60W

12V×5A=60W

12A×5V=60W

4V×15A=60W

4A×15V=60W

3A×20V=60W

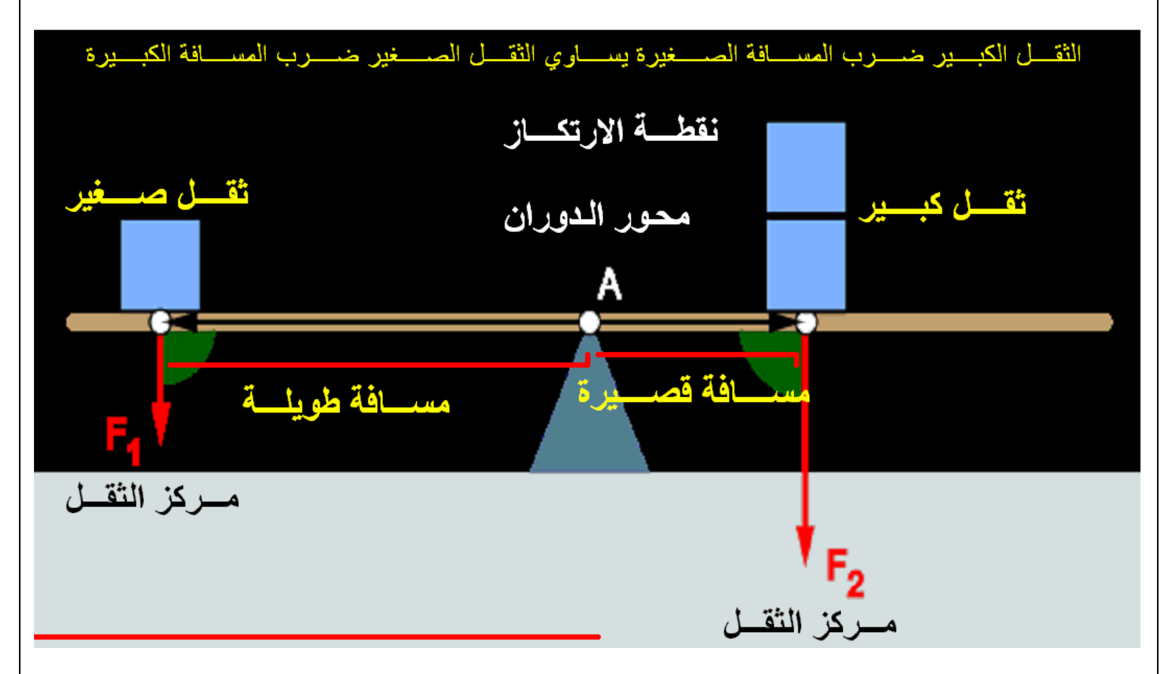
3V×20A=60W

و هكذا إلى ما لا نهاية من عمليات ضرب الجهد بشدة التيار التي تنتج استطاعة خرج مماثلة لاستطاعة الدخل أي *60 W واط*.

و كذلك هي حال الرافعة فالميزان يتوازن إذا كان العزمين التدويريين مُتماثلين ، و العزم التدويري عند ذراع الرافعة هو ناتج ضرب القوة التي نُطبقها على ذراع الرافعة بالبعد بين مركز تأثير القوة (طرف ذراع الرافعة) و محور الدوران أو نقطة الارتكاز.

أما العزم التدويري عند حمل الرافعة فهو ناتج ضرب قوة الحمل (حمل الرافعة) بالبعد بين مركز ثقل الحمل و محور الدوران(نقطة الارتكاز) .

و بالتالي فإن بإمكاننا أن نعوض القوة الضئيلة عن طريق زيادة طول ذراع الرافعة ، و طالما أن العزم التدويري هو ناتج ضرب هذين العاملين فإننا عن طريق إطالة ذراع الرافعة نحصل على عزمٍ تدويري يُساوي العزم التدويري للحمل .
حملٌ كبير بمسافةٍ قصيرة نُعادله بقوةٍ ضئيلة و ذرع طويلة.

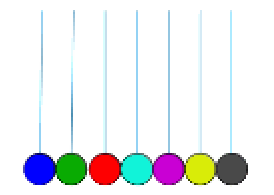


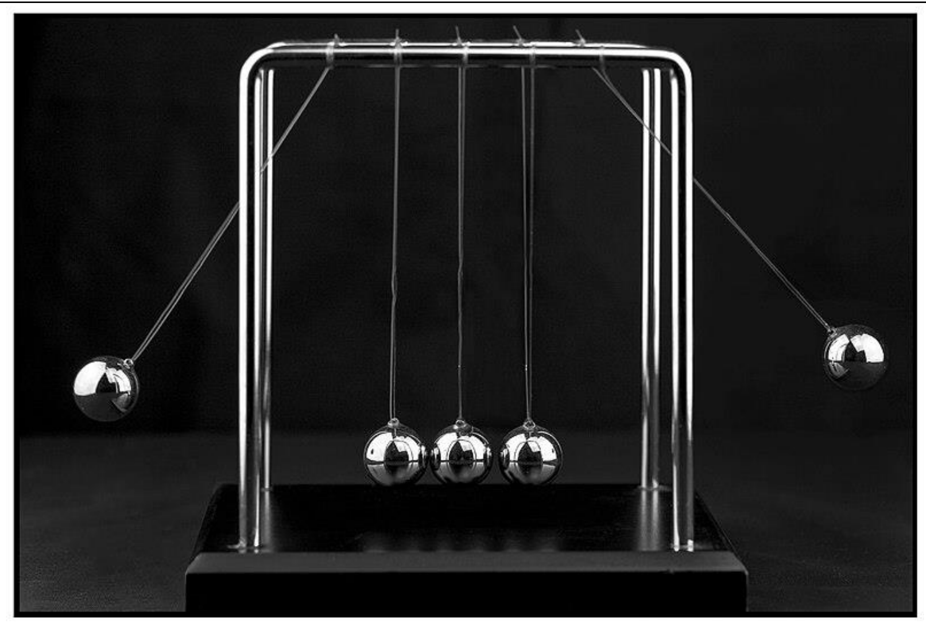
Momentum القوة الدافعة

عندما يصطدم جسمٌ ما بجسمٍ آخر فإن التأثير الذي يُحدثه ذلك الجسم على الجسم الآخر يعتمد على مقدار القوة الدافعة .
كلما كانت كُتلة الجسم المتحرك أكبر و كلما كانت سرعته أعلى فإن قوته الدافعة تكون أكبر.

Conservation of momentum مصونية القوة الدافعة

"مهد نيوتن" هو أداةٌ تُستخدم في بيان مصونية القوة الدافعة و وفقاً لهذا القانون فإنه عندما لا تخضع منظومةٌ ما لمؤثرٍ خارجي أو مؤثراتٍ خارجية فإن إجمالي القوة الدافعة يبقى كما هو قبل و بعد الاصطدام ، فعندما يتم رفع كرةٍ معدنية و تركها حتى تصطدم بالكرات الأخرى فإن قوتها الدافعة تنتقل من كرةٍ لأخرى مما يجعل آخر كرة ترتفع و تُكرر الدورة .





Newton’s cradle مهد نيوتن

كيف يبين " مهد نيوتن" مصونية القوة الدافعة؟

من خلال أن آخر كرة تتعرض للاصطدام تقوم بدورها بصدم الكرات الأخرى بعد أن تنتقل الطاقة الحركية إليها .

كلما كانت كُتلة الجسم أكبر وكانت سُرعته أكبر فإن القوة الدافعة لذلك الجسم تكون أكبر كذلك.

معادلة القوة الدافعة

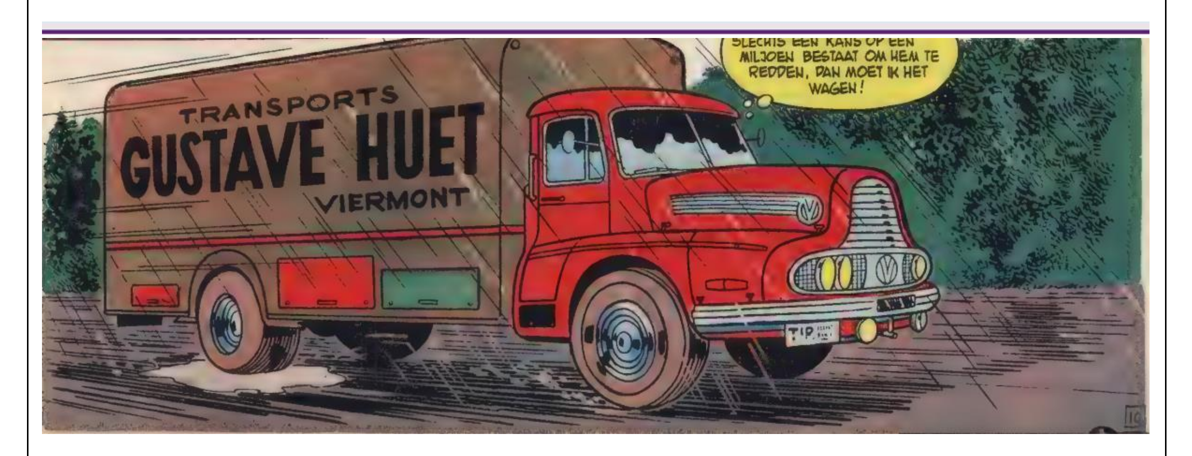
Mometum=mass×velocity

القوة الدافعة=الكتلة× السرعة

القوة الدافعة (مقاسةً بالكيلو غرام\ثانية)= الكتلة (بالكيلو غرام) ×السرعة(متر\ثانية)

السرعة هنا هي دائماً السرعة الموجهة velocity

$P=m\times v$



شاحنة تبلغ كتلتها 7000 kg و تتحرك بسرعة 45 m/s متر في الثانية .

كم تبلغ قوتها الدافعة momentum؟

القوة الدافعة=الكتلة× السرعة

القوة الدافعة (مقاسةً بالكيلو غرام\ثانية)= الكتلة (بالكيلو غرام) ×السرعة(متر\ثانية)

السرعة هنا هي دائماً السرعة الموجهة velocity

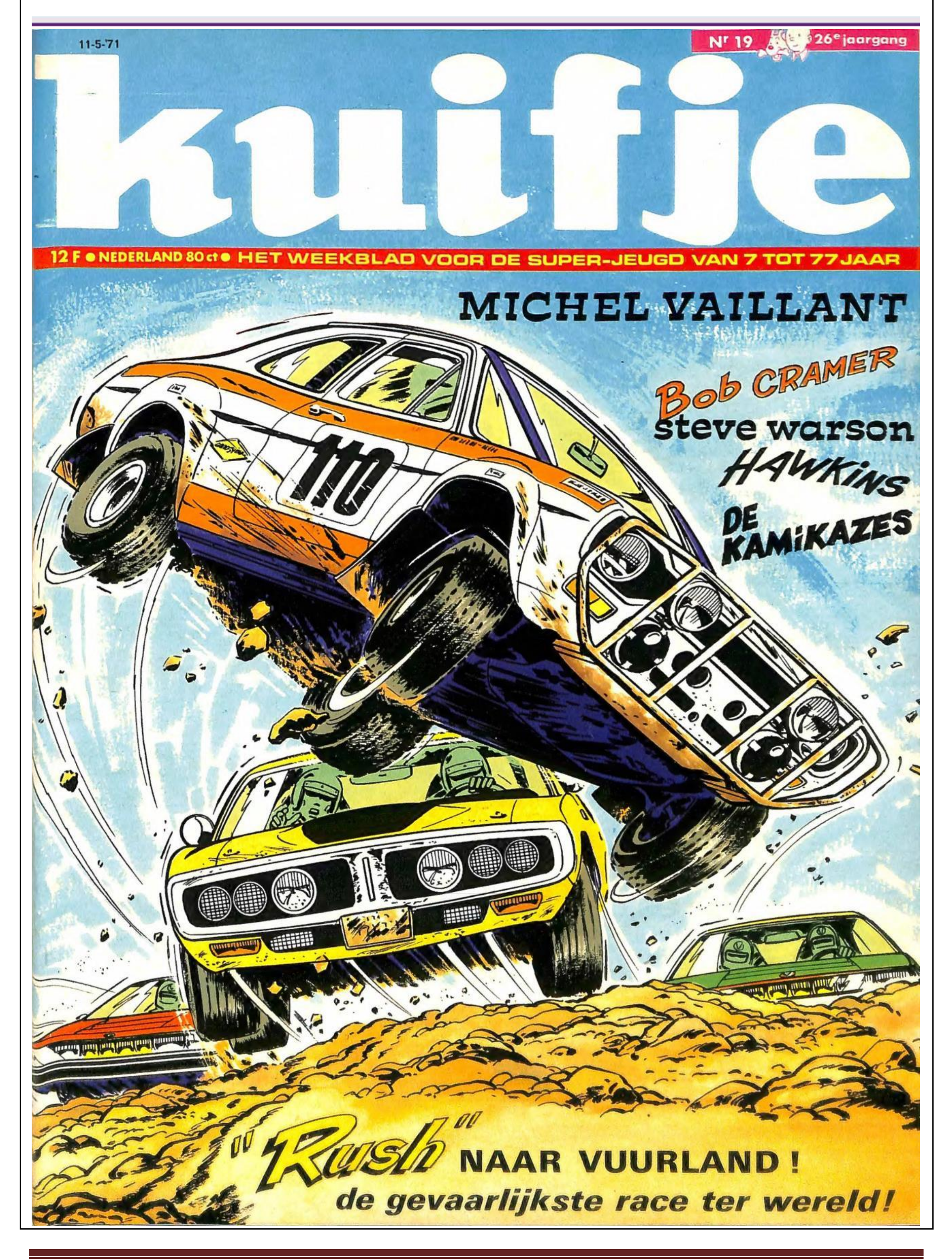
P=m×v

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

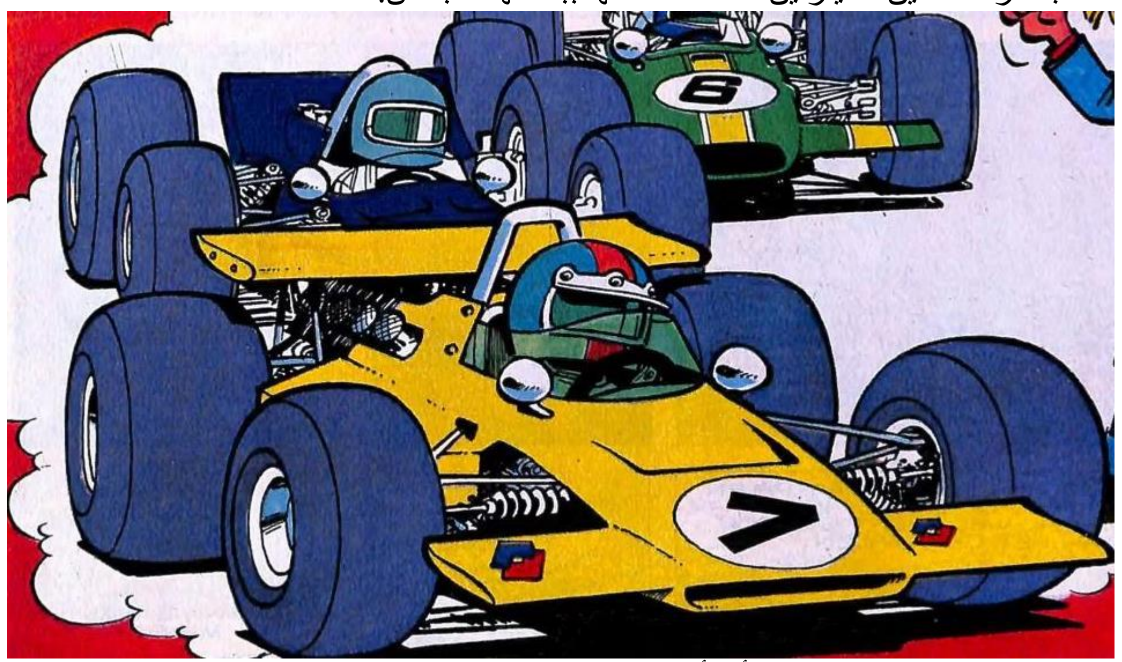
P=7000×45=

7000×45=315000 kg/ms

إذاً فإن القوة الدافعة لهذه الشاحنة تبلغ 315000 كيلو غرام\متر في الثانية.



اصطدمت سيارة تبلغ كتلتها 800 kg بسيارةٍ أخرى متوقفة تبلغ كتلتها 1200 kg أثناء سيرها بسرعة 40 m/s متر في الثانية ، و بعد الاصطدام التصقت السيارتين ببعضهما البعض و تابعتا السير في الاتجاه ذاته.
احسب سرعة هاتين السيارتين عندما التصقتها ببعضهما البعض.



إن إجمالي القوة الدافعة مصونة أي أنه تنطبق عليها معادلة القوى الدافعة المصونة:
القوة الدافعة قبل الاصطدام=القوة الدافعة بعد حدوث الاصطدام
القوة الدافعة قبل حدوث الاصطدام تساوي القوة الدافعة بعد حدوث الاصطدام.
حساب القوة الدافعة قبل الاصطدام:
تسير كلتا السيارتين في اتجاهٍ واحد.
كتلة السيارة الأولى 800 kg و سرعتها 40 m/s متر في الثانية.
كتلة السيارة الثانية 1200 kg و هي متوقفة أي أن سرعتها تساوي الصفر.
عندما اصطدمت السيارة الأولى بالسيارة الثانية أصبحت كُتلتيهما :
800+1200=2000 kg
أما سُرعتهما فمجهولة.
القوة الدافعة قبل التصادم=القوة الدافعة بعد التصادم

قوة الدفع=الكتلة×السرعة.
القوة الدافعة لكلتا السيارتين قبل التصادم =مجموع قوتيهما الدافعتين أي :
(800 kg ×40)+(1200×0 m/s)=
32000+0=32000 kg m/s
كيلو غرام في المتر على الثانية هي القوة الدافعة لكلتا السيارتين قبل الاصطدام.
(800 kg ×40)القوة الدافعة للسيارة الأولى.
(1200×0 m/s) القوة الدافعة للسيارة الثانية.
و بما أن القوة الدافعة قبل حدوث الاصطدام تساوي القوة الدافعة بعد حدوث الاصطدام فإن القوة الدافعة بعد الاصطدام تساوي كذلك 32000 kg/s .
الآن نقوم بحساب السرعة بعد التصادم:
Momentum=m×v
القوة الدافعة=الكتلة×السرعة

نقوم بتحويل عملية الضرب إلى عملية قسمة و كما تعلمون فإننا إذا قسمنا نتيجة عملية الضرب على الطرف المعلوم فإننا سوف نحصل على قيمة الطرف المجهول الذي هو السُرعة و بالطبع فإننا نجعل الطرف المجهول موضوعاً و نتيجةً لعملية القسمة:

$$V=\frac{p}{m}$$

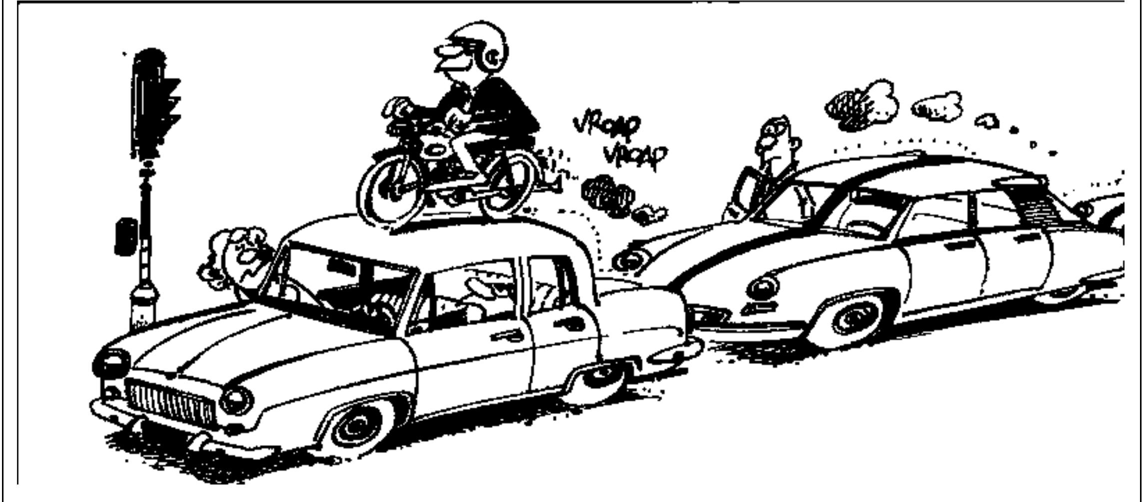
$$\text{السرعة}=\frac{\text{القوة}}{\text{الكتلة}}$$

و بالطبع فإن القوة هي القوة الدافعة لكلتا السيارتين و هي كما قُمنا بحسابها تبلغ 32000 kg أما الكُتلة فهي مجموع كُتلتي السيارتين لأنهما التصقتا ببعضهما بعد الاصطدام:

$$V=\frac{32000\ kg\ m/s}{800+1200}$$

$$16=\frac{32000}{2000}$$

16 m/s متر في الثانية هي سُرعة السيارتين بعد التصادم.



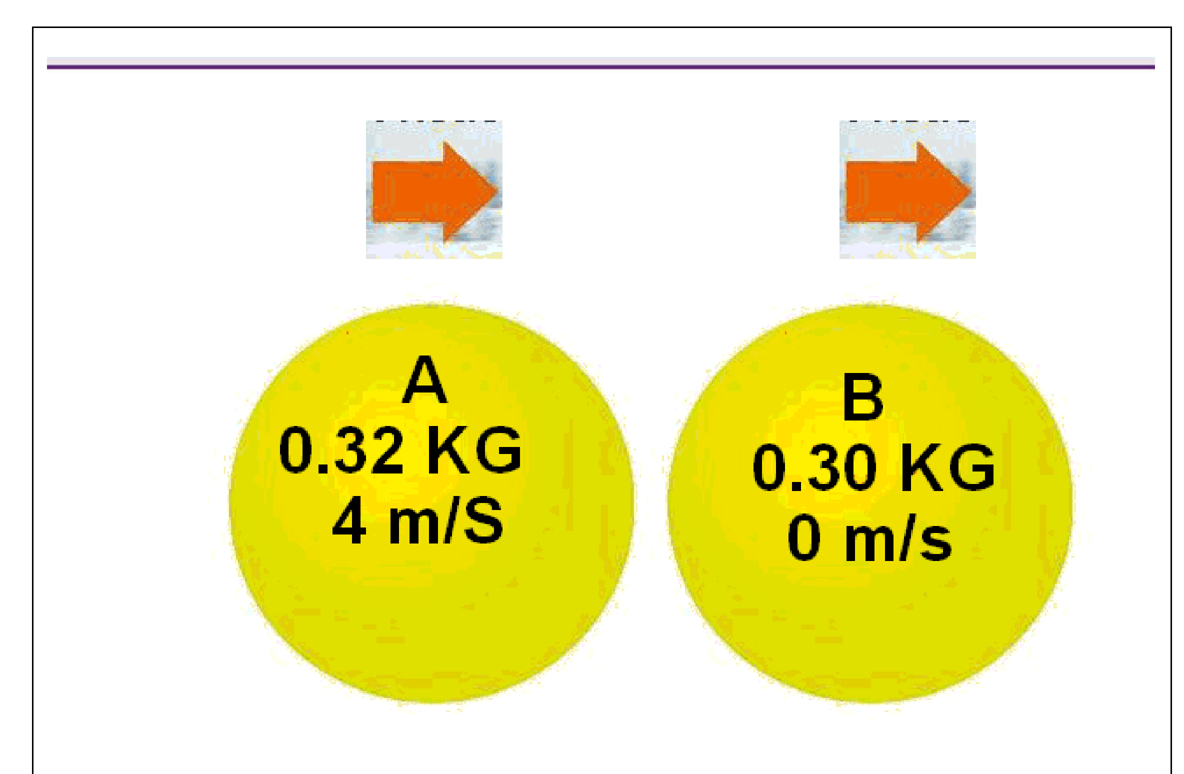
التصادم المرن و التصادم غير المرن
Elastic and inelastic collisions

كما مر معنا سابقاً في مسألة السيارتين فإنه عند تصادم جسمين فإن القوة الدافعة قبل حدوث التصادم تساوي القوة الدافعة بعد حدوث التصادم أي أن القوة الدافعة تكون مُصانةً في ذلك التصادم، غير أنه قد لا يتم في ذلك التصادم الحفاظ على الطاقة الحركية kinetic energy



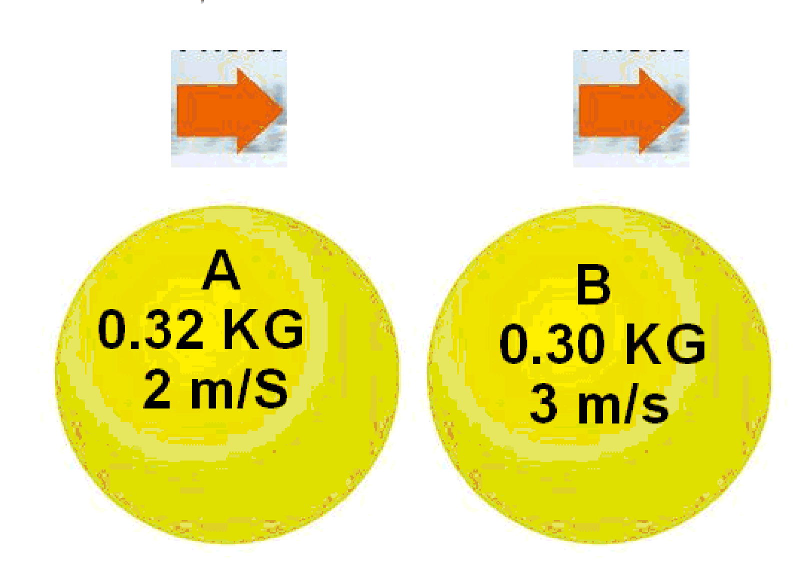
متى تكون الطاقة الحركية مُصانة و متى تكونُ غير مُصانة؟
إن هذا الأمر يعتمد على ما إذا كان التصادم مرناً أو غير مرن .
التصادم المرن :
خلال التصادم المرن يحدثُ تغيرٌ شكليُ مؤقت في كلا الجسمين المُتصادمين لحظة حدوث التصادم و بعد حدوث التصادم يعود كلُ جسمٍ منهما إلى شكله الأصلي و يفترقان عن بعضهما البعض.
في حال التصادم المرن فإن الطاقة الحركية قبل و بعد التصادم تبقى كما هي.
في حال التصادم المرن تكون الطاقة الحركية مُصانة، غير أنه من النادر أن نجد تصادماً مرناً تاماً فعندما يركلُ اللاعب الكرة بقدمه أو يضربها بيده فإن جزءاً من الطاقة الحركية يضيعُ على شكل طاقةٍ صوتية(صوت لطم الكُرة).
لا تكون الطاقة الحركية مُصانةً في حال التصادم غير المرن و لذلك فإنها تتعرض للضياع.
في حال التصادم المرن تكون الطاقة الحركية مُصانة .
القوة الدافعة momentum قبل التصادم تُساوي القوة الدافعة بعد التصادم أياً تكن نوعية ذلك التصادم.
تتسبب معظم حالات الاصطدام في ضياع بعض الطاقة الحركية ، و يُمكننا معرفة مقدار الطاقة الحركية الضائعة من خلال حساب الطاقة الحركية قبل و بعض التصادم كما في المسألة التالية:

اصطدمت كرةٌ تبلغ كتلتها 0.32 كيلو غرام و تتحرك بسرعةٍ تبلغ 4 m/s في الثانية بكرةٍ ساكنة تبلغ كتلتها 0.30 kg مما أدى إلى تحرك الكرة الثانية بسرعة 3 m/s متر في الثانية و تحرك الكرة الأولى (الصادمة) بسرعة 2 m/s متر في الثانية.
احسب ضياعات الطاقة الحركية.
تخيل المسألة :
قبل الاصطدام



بعد التصادم





لحل هذه المسألة نستخدم معادلة الطاقة الحركية kinetic energy :

$E_k=\frac{1}{2}\times m\times v^2$

الطاقة الحركية E_k تساوي $\frac{1}{2}$ ضرب الكتلة m ضرب مربع السرعة V^2.

و ذلك لحساب إجمالي الطاقة الحركية قبل و بعد الاصطدام .

تقاس الطاقة بوحدة الجول .

$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$E_k = 0.5 \times 0.32 \times 4^2 = 2.56\ J$

2.56 J جول هي مقدار الطاقة الحركية قبل الاصطدام.

$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

الطاقة الحركية E_k تساوي $\frac{1}{2}$ ضرب الكتلة m ضرب مربع السرعة V^2.

الطاقة الحركية بعد التصادم:

$(0.5 \times 0.32 \times 2^2) + (0.5 \times 0.30 \times 3^2) =$

$0.64 + 1.35 = 1.99\ J$

1.99 J جول هو إجمالي الطاقة الحركية بعد الاصطدام.

حساب مقدار ضياع الطاقة بعد حدوث التصادم

مقدار ضياع الطاقة يساوي حاصل طرح مقدار الطاقة (بالجول) بعد حدوث الاصطدام من مقدار الطاقة قبل حدوث الاصطدام:

2.56 – 1,99 =1.29 J

1.29 J جول هو مقدار ضياع الطاقة في عملية التصادم.

ملاحظات عامة حول حل المسألة السابقة

إذا حصلنا بعد حدوث التصادم على مقدار من الطاقة أكبر من مقدار الطاقة الذي كان قبل حدوث عملية التصادم فذلك يعني بأن هنالك خطأً ما في حل المسألة .

بما أن الآلات الحاسبة لا تتعامل مع الكسور فقد استبدلت الكسر (نصف) $\frac{1}{2}$ برقمٍ عُشري مُكافئ هو الرقم 5 بالعشرة 0.5 و هو يساوي نصف تماماً.

الطاقة الحركية(مُقاسةً بالجول) = نصف × الكتلة×مربع السرعة.

بالطبع فإن الكُتلة بعد حدوث التصادم تُساوي الكتلة قبل حدوث التصادم غير أن الذي يختلف هو السرعة.

قبل حدوث التصادم قمنا فقط بحساب الطاقة الحركية للكُرة الأولى لأن الكرة الثانية كانت ساكنة و حتى لو قُمنا بحساب طاقتها فإننا سوف نحصل على الصفر لأن علينا أن نضرب بالسرعة التي تُساوي الصفر.

بعد حدوث التصادم قُمت بحساب الطاقة الحركية للكرة المتحركة الأولى و الطاقة الحركية للكُرة الثانية و جمعت الطاقتين الحركيتين معاً فحصلت على الطاقة الحركية الكُلية .

لمعرفة مقدار الضياع في الطاقة الحركية قُمت بطرح مقدار الطاقة الحركية بعد حدوث التصادم من الطاقة الحركية قبل التصادم.

التصادم غير المرن inelastic collision



يؤدي التصادم غير المرن إلى تغير أشكال الأجسام المتصادمة بشكلٍ دائم أي أن التصادم غير المرن يؤدي إلى تشوه أشكال الأجسام المتصادمة بشكلٍ دائم.
و قد يرتبط الجسمين المتصادمين ببعضهما البعض كما يحدث عندما ندق مسماراً في الخشب .
و عند حدوث التصادم غير المرن فإن الطاقة الحركية Kinetic energy تتحول إلى صوت (صوت التصادم) كما تتحول إلى طاقةٍ داخلية أو أشكال أخرى من أشكال الطاقة كأن تتحول إلى طاقةٍ داخلية internal energy أي أنها قد تتحول إلى صوت اهتزاز و ذبذباتٍ تعم الجسمين المُتصادمين .
و كما مر معنا سابقاً في حال التصادم المرن فإن الطاقة الحركية في التصادم المرن تبقى مُصونة حيث ترتد الكرة من على الجدار أو من على قدم اللاعب أما في حال التصادم غير المرن فإن الطاقة الحركية لا تكون مُصونة و لذلك فإن الجسمين المُتصادمين يفقدان طاقتيهما الحركية بعد حدوث التصادم غير المرن و يتوقفان عن الحركة كما يحدث عند اصطدام سيارتين ببعضهما البعض حيث يتشوه شكلهما بشكلٍ دائمٍ بعد التصادم و يتوقفان عن الحركة.

يتم تصميم واقيات الاصطدام في السيارة(الصدامات) بحيث أنها تتجعد و تنكمش عند حدوث الاصطدام و ذلك حتى تمتص الصدمة و تقي رُكاب السيارة من التعرض للأذى.
و في حالات الانفجار فإن القوة الدافعة momentum تكون مصونةً و ذلك بخلاف الطاقة الحركية التي لا تكون مصونة ، فالمتفجرات قبل انفجارها تكون طاقتها الحركية مُساويةً للصفر و لكن بعد انفجارها فإن شظاياها تمتلك طاقةً حركيةً كبيرةً جداً.
و ذلك بخلاف القوة الدافعة momentum ذلك أن إجمالي القوة الدافعة للمتفجرات قبل انفجارها تكون مساويةً للصفر و كذلك فإن إجمالي القوة الدافعة لشظايا المُتفجرات تكون كذلك صفراً ذلك أن القوة الدافعة هي قوةٌ موجهة أو مقدار موجه vector quantity لها اتجاهٌ واحد بينما شظايا المتفجرات لا يكون لها اتجاهٌ واحد فهي تتحرك في جميع الاتجاهات بشكلٍ عشوائي.

قوة الفرملة Stooping Force

كلما كانت القوة الدافعة للجسم أكبر احتاج ذلك الجسم للمزيد من قوة الفرملة لإيقافه أو احتاج لتطبيق قوة الفرملة عليه لمدةٍ أطول من الزمن.
عندما يتوقف جسمٌ مُتحرك فإن قوته الدافعة تهبط إلى الصفر.

و حتى نوقف جسماً مُتحركاً بشكلٍ مُفاجئ فإننا نحتاج لتطبيق قدرٍ أكبر من القوة التي يتطلبها تقليل سرعة ذلك الجسم بشكلٍ تدريجي .
و سوف أثبت لكم بشكلٍ حسابي هذا الأمر :

قوة الفرملة (نيوتن) = $\frac{\text{تغير القوة الدافعة}}{\text{الزمن}}$

قوة الفرملة(نيوتن) =مقدار التغير في القوة الدافعة momentum (كيلو غرام\ متر\ثانية) تقسيم الزمن.

Stopping Force(N)=ΔMomentum(kg m/s) / s

قوة الفرملة (مقاسةً بالنيوتن) = مقدار التغير Δ في القوة الدافعة (كيلو غرام متر في الثانية) تقسيم الزمن (بالثانية).

نعني بمقدار التغير Δ في القوة الدافعة Momentum القوة الدافعة النهائية mv_f ناقص القوة الدافعة الابتدائية mv_i.

القوة الدافعة تساوي الكتلة ضرب السرعة.

لا ننسى هذا الأمر لأن القوة الدافعة لجسمٍ ما تزداد كلما ازدادت كُتلته أو سرعته أو الاثنتين معاً و العكس صحيح أي أن القوة الدافعة لجسمٍ ما تنقص كلما نقصت كتلته أو سرعته أو الاثنتين معاً.

السرعة النهائية v_f =Final velocity

السرعة الابتدائية v_i =Initial Velocity

انتبه جيداً :

لا يقتصر استخدام هذه المعادلة على حساب قوة الفرملة ذلك أنها تستخدم في حساب كل تغيرٍ في القوة .

مقدار التغير بالقوة (مقاساً بالنيوتن) يساوي الفرق ما بين القوة الدافعة النهائية mv_f و القوة الدافعة الابتدائية mv_i مقسوماً على الزمن بالثانية.

مسألة في الفرملة التدريجية

سيارة تبلغ كُتلتها 1200 kg تتحرك بسرعة 28m/s متر في الثانية ، قام سائقها بضغط المكابح بشكلٍ تدريجي طفيف لمدة 20 ثانية إلى أن توقفت هذه السيارة.

احسب قوة الفرملة التي تم تطبيقها على هذه السيارة حتى تتوقف.

تحليل المسألة :

السرعة النهائية v_f لهذه السيارة هي سُرعة التوقف أي صفر متر في الثانية.

السرعة الابتدائية mv_i هي 28 m/s متر في الثانية .

كتلة السيارة 1200 kg كيلو غرام.

القوة الدافعة mv تُساوي الكتلة m ضرب السرعة v

مقدار القوة (قوة الفرملة) مقاسةً بالنيوتن N تُساوي القوة الدافعة النهائية ناقص القوة الدافعة الابتدائية .

القوة الدافعة النهائية mv_f تساوي كتلة السيارة أي 1200 KG ضرب سرعتها النهائية أي صفر لأن السيارة كانت قد توقفت عن الحركة.

القوة الدافعة الابتدائية mv_i تساوي كتلة السيارة أي 1200 KG كيلو غرام ضرب سرعتها الابتدائية أي 28 m/s متر في الثانية.

الزمن هو زمن التوقف ،أي الزمن ما بين بداية محاولة إيقاف السيارة عندما كانت سرعتها 28 m/s متر في الثانية و بين زمن توقف السيارة بشكلٍ فعلي أي عندما أصبحت سرعتها صفر.

مقدار التغير بالقوة أي قوة الفرملة (مقاساً بالنيوتن) يساوي الفرق ما بين القوة الدافعة النهائية mv_f و القوة الدافعة الابتدائية mv_i مقسوماً على الزمن بالثانية.

$$F(N)=\frac{(1200\,kg\times 0\,ms\,)-(1200\,kg\times 28\,mms)}{10\,s}$$

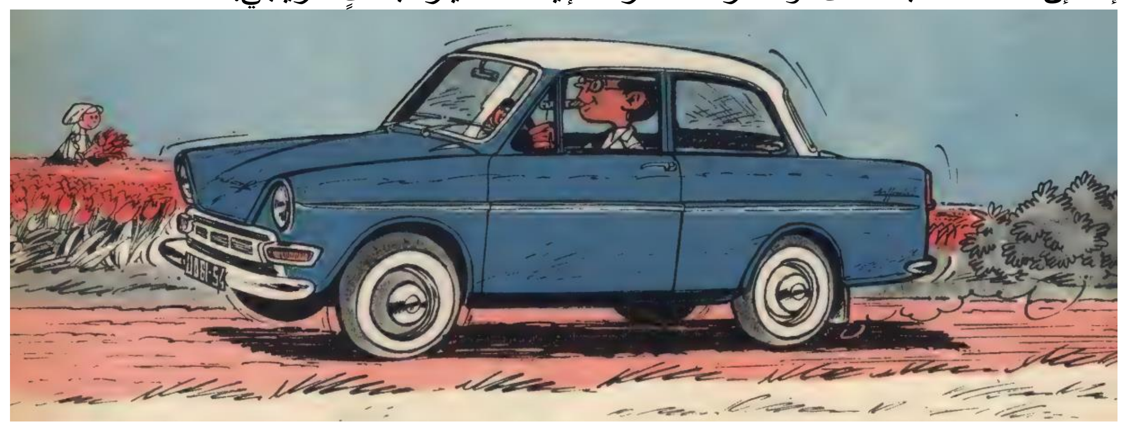
$$=\frac{0-33600}{20}$$

= - 1680 N

قوة الفرملة اللازمة لإيقاف هذه السيارة تبلغ 1680 N - نيوتن .

النتيجة سلبية لأن قوة الفرملة هي قوةٌ معاكسة لحركة السيارة.

إذاً فإن الحالة السابقة تمثل قوة الفرملة اللازمة لإيقاف السيارة بشكلٍ تدريجي.



قوة الفرملة اللازمة لإيقاف سيارة بشكلٍ مفاجئ

احسب قوة الفرملة اللازمة لإيقاف السيارة السابقة ذاتها إذا تم إيقافها بشكلٍ مفاجئ.

الآن السيارة ذاتها في المسألة السابقة و التي تبلغ كتلتها 1200 kg و التي تتحرك بسرعة 28 m/s متر في الثانية و قد اضطر سائقها لضغط مكابحها بشكلٍ مفاجئ لأن قطةً ركضت أمامه و لذلك فقد هبطت سرعة هذه السيارة بشكلٍ مفاجئ خلال نصف ثانية (5 بالعشرة من الثانية) 0.5 ثانية من 28 m/s متر في الثانية إلى الصفر.

احسب قوة الفرملة التي تم استخدامها لإيقاف هذه السيارة خلال نصف ثانية.

قط نستبدل الزمن في المسألة السابقة و بدلاً من 20 ثانية نضع نصف ثانية :

مقدار التغير بالقوة أي قوة الفرملة (مقاساً بالنيوتن) يساوي الفرق ما بين القوة الدافعة النهائية mv_f و القوة الدافعة الابتدائية mv_i مقسوماً على الزمن بالثانية.

$$F(N)=\frac{(1200\,kg\times 0\,ms\,)-(1200\,kg\times 28\,mms)}{0.5\,s}$$

$$=\frac{0-33600}{0.5}$$

= - 67200 N

قوة الفرملة اللازمة لإيقاف السيارة ذاتها عندما تسير بالسرعة ذاتها بشكلٍ مفاجئ خلال نصف ساعة تبلغ 67200 N - نيوتن .

لا يقتصر استخدام المعادلة السابقة على حساب قوة الفرملة .

يجب أن تكون قوة الفرملة ذات قيمة سلبية لأن اتجاهها مُعاكسٌ لاتجاه حركة السيارة.
انتبه كيف أنني ألحقت شارة الطرح في عملية الطرح 33600-0 بالرقم التالي لها و بذلك فقد أصبح الرقم 33600- رقماً سلبياً و هذا الأمر نقوم به دائماً في العمليات الرياضية.
أي عددٍ نطرحه من الصفر يُصبح عدداً سلبياً :
$0 - 33600 = -33600$

إن مسافة التوقف أو المسافة اللازمة للتوقف هي مجموع عاملين اثنين :
العامل الأول عاملٌ إنساني بحت و هذا العامل يستغرق المرحلة الأولى من المسافة اللازمة للتوقف و يقوم على رؤية السائق للخطر و اتخاذه قراراً بالتوقف و من ثم قيامه بشكلٍ فعلي بضغط المكابح.
العامل الثاني عاملٌ فيزيائي ميكانيكي بحت و هو يستغرق الجزء الثاني من المسافة اللازمة للتوقف (الزمن اللازم للتوقف و الذي تقطع حلاله السيارة مسافةً ما) و هذا العامل يقوم على عوامل فيزيائية بحتة مثل كتلة السيارة و سُرعتها و طبيعة الطريق و انحدارها و ما إذا كانت الطريق زلقةً أو وعرة و الطقس و نوعية المكابح و غير ذلك من العوامل.
تُعتبر السرعة من أكبر العوامل تأثيراً على مسافة التوقف ذلك أنه كلما كانت السيارة أعلى سرعةً احتاجت إلى زمنٍ أطول للتوقف.

يتناسب زمن التوقف تناسباً طردياً مع مربع السرعة، فإذا تضاعفت السرعة مرتين فإن مسافة التوقف (الزمن اللازم للتوقف) يتضاعف أربع مرات.

تُقسم مسافة التوقف (المسافة التي تقطعها السيارة خلال الزمن اللازم للتوقف) إلى جزئين و هما :
مسافة التفكير Thinking distance أي المسافة التي تقطعها السيارة خلال الزمن اللازم حتى يتخذ السائق قراراً بضرورة إيقاف السيارة.
مسافة الفرملة Braking distance
تزداد مسافة التفكير بشكلٍ طردي مع ازدياد السرعة .
مسافة التفكير : هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد رؤية السائق للخطر قبل أن يتخذ قراراً بإيقاف السيارة.
مسافة التفكير : هي المسافة التي تقطعها السيارة ما بين رؤية السائق للخطر و اتخاذه لقرار إيقاف السيارة.
مسافة الفرملة هي المسافة التي تقطعها السيارة ما بين لحظة قيام السائق بضغط المكابح لإيقاف السيارة و بين لحظة توقف السيارة بشكلٍ فعلي.
غالباً ما تستغرق ردة فعل السائق الاعتيادي سبعة بالعشرة من الثانية 0.7 s ما بين رؤيته للخطر و اتخاذه قراراً بإيقاف السيارة و قيامه بالضغط على المكابح، غير أن ردة فعل السائق تتأخر كثيراً في حالات تعاطي الكحول و المخدرات أو إذا كان في حالة نعاسٍ و إرهاق أو إذا كان يتحدث على الهاتف أو يتحدث مع الركاب.
تمتلك الشاحنات و سيارات السباق طاقةً حركية kinetic energy (نيوتن) أكبر من بقية السيارات و لذلك فإنها تتطلب مسافة توقفٍ أكبر ، كما أن الإطارات(العجلات) ذات المداس (النقش) المتآكل الأملس تتطلب مسافة توقفٍ أكبر من العجلات ذات المداس الخشن لأن المداس الأملس يمتلك قوة احتكاكٍ أدنى من قوة احتكاك المداس الخشن.

هنالك علاقة تناسبٍ طردي ما بين مسافة التوقف (المسافة اللازمة لإيقاف السيارة) و بين مُربع السرعة.

كُلما تضاعفت مسافة التوقف مرتين تضاعف الزمن اللازم للتوقف أربع مرات.
تزداد مسافة التوقف على شكل متوالية حسابية بينما يزداد الزمن اللازم للتوقف على شكل متوالية هندسية.

مراعاةً لعامل الأمان في تصميم السيارات فإن أجزاء هيكل السيارة تنقسم إلى نوعين :
نوعٌ قابلٌ للتجعد و الانكماش و الانضغاط (كالصدامات) حيث تقوم هذه الأجزاء بامتصاص الصدمة ، و هُنالك أجزاءُ شديدة الصلابة غير قابلةٍ للانثناء و هي الأجزاء التي تُحيط بمقصورة الركاب و خزان الوقود و البطارية و هياكل الحماية هذه تُدعى بقفص الأمان Safety Cage .

المسافة اللازمة للتوقف (مسافة التوقف) Stopping distance

يُطلق مُصطلح مسافة التوقف أو المسافة اللازمة للتوقف على المسافة التي تقطعها السيارة ما بين اللحظة التي يرى فيها السائق أمراً يوجب التوقف المفاجئ و بين اللحظة التي يتخذ فيها القرار بالتوقف و يضغط فيها على المكابح و بين لحظة التوقف الفعلية.
إن المسافة التي تقطعها السيارة ما بين اللحظة التي يضغط فيها السائق على المكابح و بين لحظة التوقف الفعلية تعتمد على عدة عواملٍ مثل كُتلة السيارة و سُرعتها.

مسافة الفرملة Braking distance و حسابات الطاقة (جول)

لإيقاف سيارة أو أي جسمٍ مُتحركٍ ينبغي تحويل الطاقة الحركية إلى شكلٍ آخر من أشكال الطاقة.
كلما كانت السيارة أسرع كانت طاقتها الحركية أكبر و تطلب إيقافها مسافة فرملة أكبر.
تمتلك الأجسام المُتحركة كالسيارة مثلاً طاقةً حركية يُمكن حسابها بالمعادلة التالية:

$$\text{Kinetic energy}=\frac{1}{2}\times m\times v^2$$

الطاقة الحركية(جول)= $\frac{1}{2}$ ×الكتلة (كيلو غرام) ×مربع السرعة.
عند ضغط مكابح السيارة لتقليل سُرعتها فإن تلك المكابح تقوم بعمل و تُطبق قوة فرملة على الأجزاء المُتحركة في السيارة ، و قوة الفرملة هذه تُساوي مقدار التغير في الطاقة الحركية.
لدينا مُعادلتين تتعلقان بالأجسام المُتحركة :
المعادلة الأولى:
العمل المنجز (بالجول)=القوة (نيوتن)×المسافة(متر).

$$J=N\times m$$

يُقاسُ كلٌ من العمل و الطاقة بوحدة الجول بينما تُقاس القوة بوحدة النيوتن.

المعادلة الثانية هي المعادلة التي مرت معنا سابقاً و هي :
الطاقة الحركية(جول) = $\frac{1}{2}$ ×الكتلة (كيلو غرام)×مُربع السرعة.

$$\text{Kinetic energy(J)}= \frac{1}{2}\times\text{mass(kg)}\times\text{speed}^2\ (\text{m/s})^2$$

إن علينا أن نعلم بأن كلتا المعادلتين السابقتين متساويتين تماماً كما أن نتيجتيهما تُعطيان بوحدة الجول J و لذلك يُمكن دمجهما في معادلةٍ واحدة :

القوة(نيوتن)×المسافة(متر) =$\frac{1}{2}$×الكتلة(كيلو غرام)×مُربع السرعة(متر\ثانية)^2

$$Force(N)\times distance(m)=\frac{1}{2}\times mass(kg)\times speed^2(m/s)^2$$

تُمكننا المعادلة السابقة من حساب مسافة التوقف(المسافة اللازمة للتوقف) إذا عرفنا سرعة الجسم و كتلته و قوة مكابحه.

إثبات أنه هنالك علاقة تناسبٍ طردي ما بين مسافة التوقف (المسافة اللازمة لإيقاف السيارة) و بين مُربع السرعة.
كُلما تضاعفت مسافة التوقف مرتين تضاعف الزمن اللازم للتوقف أربع مرات بشكلٍ حسابي.

تم تطبيق قوة فرملة تبلغ 1200 N نيوتن على عجلات سيارة تبلغ كتلتها 800 KG كيلو غرام و تتحرك بسرعة 18 m/s متر في الثانية.
احسب مسافة الفرملة اللازمة إذا تحركت هذه السيارة بهذه السرعة و احسب مسافة الفرملة اللازمة إذا تحركت بضعف تلك السرعة.

نقوم بتطبيق المعادلة السابقة :

قوة الفرملة(نيوتن)×المسافة(متر) =$\frac{1}{2}$×الكتلة(كيلو غرام)×مُربع السرعة(متر\ثانية)^2

$$Force(N)\times distance(m)=\frac{1}{2}\times mass(kg)\times speed^2(m/s)^2$$

$$F\ (N)\times d\ (m)=\frac{1}{2}\times m\ (kg)\times v^2$$

قوة الفرملة F (تقاس بالنيوتن N).
المسافة d بالمتر
الكتلة m (بالكيلو غرام).
السرعة v (بمربع المتر في الثانية).

بدايةً نقوم بحساب مسافة الفرملة على سرعةٍ مقدارها 18 m/s متر في الثانية:
بما أن مطلوب هذه المسألة و مجهولها هو المسافة d فإننا نُخرجها من العمليات الحسابية الجارية و ذلك بأن نجعل منها موضوع و نتيجة تلك العمليات الحسابية عن طريق إعادة ترتيب المعادلة السابقة لتُصبح على الصورة التالية :

$$d=\frac{0.5\times m\times v2}{f}$$

المسافة=$\frac{1/2\times \text{الكتلة}\times\text{مربع السرعة}}{\text{قوة الفرملة}}$

المسافة(متر) =$\frac{1}{2}$×الكتلة(كيلو غرام)×مربع السرعة مقسومة كلها على قوة الفرملة(قوة المكابح) مقاسةً بالنيوتن.



كيف فعلنا ذلك؟
لدينا عمليتي ضرب متساويتين في القيمة و آية ذلك وجود شارة المساواة = بينهما :
قوة الفرملة(نيوتن)×المسافة(متر) $=\frac{1}{2}$×الكتلة(كيلو غرام)×مُربع السرعة(متر\ثانية)^2

$$Force(N)\times distance(m)=\frac{1}{2}\times mass(kg)\times speed^2(m/s)^2$$

$$F\ (N)\times d\ (m)=\frac{1}{2}\times m\ (kg)\times v^2$$

جعلنا أحد طرفي عملية الضرب التي تتألف من طرفين نتيجةً لعملية قسمة كامل عناصر عملية الضرب الثانية على الطرف الثاني.
هل يُمكن القيام بذلك؟
لنفترض بأن لدينا عمليتي ضرب متساويتين إحداهما تتألف من طرفين :

$$10\times100=2\times5\times4\times25$$

جعلنا من أحد طرفي عملية الضرب 10 التي تتألف من طرفين10×100 نتيجةً لقسمة باقي أطراف عملية الضرب الثانية2×5×4×25 على الطرف الثاني 100 و كانت النتيجة صحيحة.

$$10=\frac{2\times5\times4\times25}{100}=\frac{1000}{100}=10$$

$$10=10$$

جعلنا من أحد طرفي عملية الضرب 100 التي تتألف من طرفين10×100 نتيجةً لقسمة باقي أطراف عملية الضرب الثانية2×5×4×25 على الطرف الثاني 10 و كانت النتيجة صحيحة.

$$100=\frac{2\times5\times4\times25}{10}=\frac{1000}{10}=100$$

$$100=100$$

إذاً :
إذا كانت لدينا عمليتي ضرب متساويتين (بينهما شارة مساواة) و كانت إحداهما تتألف من طرفين أحدهما مجهول فإن بإمكاننا معرفة قيمة ذلك الطرف المجهول عن طريق قسمة ناتج ضرب بقية العناصر في عملية الضرب الثانية على العنصر المضروب بالعنصر المجهول.
:

$$A\times B=C\times D\times E\times F\rightarrow$$

$$A=\frac{C\times D\times E\times F}{B}$$

$$B=\frac{C\times D\times E\times F}{A}$$

إذاً فإن بإمكاننا أن نحول المعادلة السابقة التي تتألف من عمليتي ضرب متساويتين إحداهما تتألف من طرفين اثنين إلى عملية قسمة نجعل فيها أحد الطرفين نتيجةً بينما نقسم بقية أطراف العملية الثانية على الطرف الآخر:

قوة الفرملة(نيوتن)×المسافة(متر) $=\frac{1}{2}$×الكتلة(كيلو غرام)×مُربع السرعة(متر\ثانية)^2

$$Force(N)\times distance(m)=\frac{1}{2}\times mass(kg)\times speed^2(m/s)^2$$

$$F\ (N)\times d\ (m)=\frac{1}{2}\times m\ (kg)\times v^2$$

فتصبح المعادلة السابقة على الصورة التالية:

$$d=\frac{0.5\times m\times v2}{f}$$

$$\text{المسافة}=\times\frac{1/2\times\text{الكتلة}\times\text{مربع السرعة}}{\text{قوة الفرملة}}$$

المسافة(متر) $=\frac{1}{2}$× الكتلة(كيلو غرام)×مربع السرعة مقسومة كلها على قوة الفرملة(قوة المكابح) مقاسةً بالنيوتن.

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

قوة الفرملة 1200 N نيوتن.

سرعة السيارة 18 m/s متر في الثانية.

كتلة السيارة 800 kg كيلو غرام.

$$1200(N)\times d\ (m)=\frac{1}{2}\times 800(kg)\times 18(m/s)\times 18(m/s)$$

فتصبح المعادلة السابقة على الصورة التالية:

$$\text{مسافة الفرملة}=\frac{1/2\times\text{الكتلة}\times\text{مربع السرعة}}{\text{قوة الفرملة}}$$

$$d=\frac{0.5\times 800\times 18(m/s)\times 18(m/s)}{1200\ N}=108\ m$$

108 m متر هي المسافة اللا زمة للتوقف(مسافة الفرملة) عندما تكون سرعة السيارة 18 m/s متر في الثانية.

الآن إذا تضاعفت السرعة و أصبحت 36 m/s متر في الثانية :

$$\text{مسافة الفرملة}=\frac{1/2\times\text{الكتلة}\times\text{مربع السرعة}}{\text{قوة الفرملة}}$$

$$d=\frac{0.5\times 800\times 36(m/s)\times 36(m/s)}{1200\ N}=\frac{518400}{1200}=432m$$

432 m متر هي مسافة الفرملة (المسافة اللازمة للفرملة) عندما تكون سرعة السيارة 18 m/s متر في الثانية.

لاحظ كيف أنه عندما كانت السرعة 18 m/s متر في الثانية فإن المسافة اللازمة للفرملة كانت 108 m متر ، و كيف أنه عندما تضاعفت سرعة السيارة مرتين اثنتين لتصبح 36 m/s متر في الثانية فإن المسافة اللازمة للفرملة قد تضاعفت أربع مرات لتصبح 432 m .

108×4=432

$432 / 4=108$

و بذلك نكون قد أثبتنا بشكلٍ حسابي وجود علاقة تناسبٍ طردي ما بين السرعة و المسافة اللازمة للفرملة و أن السرعة تتناسب بشكلٍ طردي مع مربع مسافة الفرملة، فإذا تضاعفت السرعة مرتين تضاعفت المسافة اللازمة للفرملة أربع مرات :

$2^2=2\times2=4$

و إذا تضاعفت السرعة ثلاث مرات فإن المسافة اللازمة للفرملة تتضاعف تسع مرات :

$3^2=3\times3=9$

و إذا تضاعفت السرعة أربع مرات فإن المسافة اللازمة للفرملة تتضاعف 16 مرة :

$4^2=4\times4=16$

و هكذا...

عندما تتزايد سرعة السيارة على شكل متوالية حسابية فإن المسافة اللازمة للفرملة تتزايد على شكل متوالية هندسية.

ملاحظات حول حل هذه المسألة :

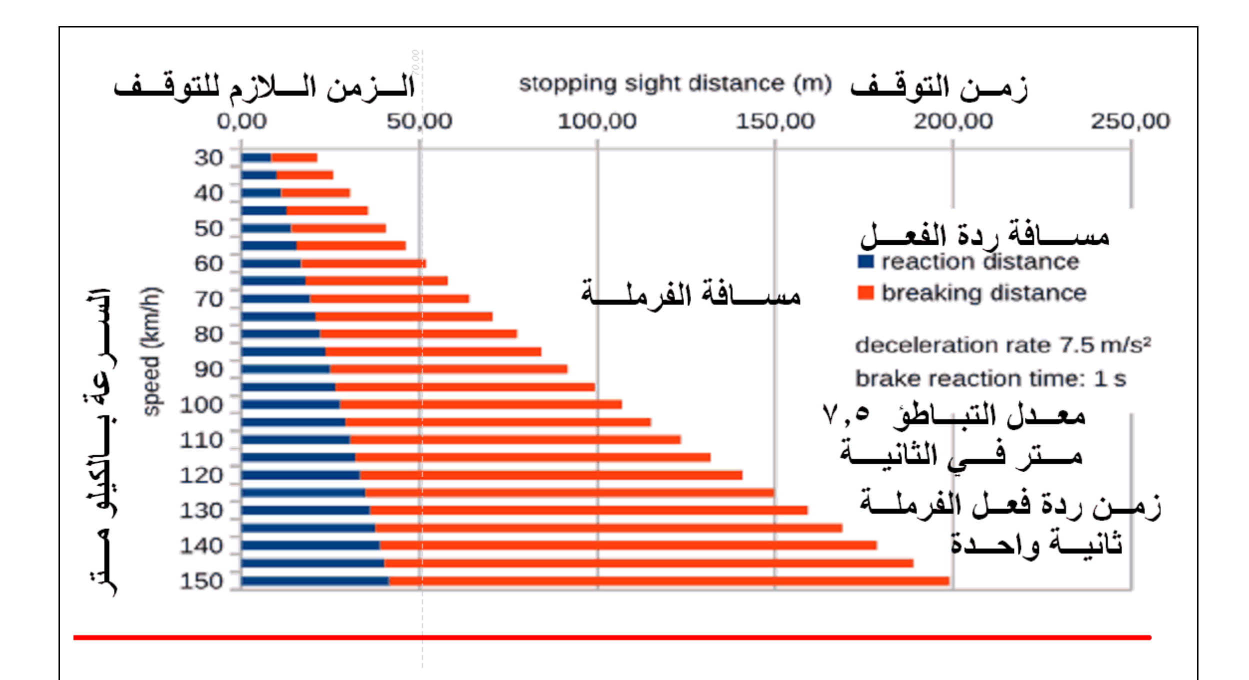
بما أن الآلة الحاسبة الاعتيادية لا تتعامل مع الكُسور مثل الكسر $\frac{1}{2}$ فقد قُمت باستبداله برقمٍ عشري مكافئ هو الرقم 5 بالعشرة 0.5:

$\frac{1}{2}=0.5$

بما أن الكسر ليس إلا عملية قسمةٍ مُعلقة يُمكننا تحويل أي كسر إلى رقمٍ مكافئ عن طريق قسمة البسط على المقام أي عن طريق قسمة عالي الكسر على أدناه :

$1 / 2=0.5$

$1\div2=0.5$



تعتمد مكابح السيارات في عملها على مبدأ تحويل الطاقة الحركية إلى طاقةٍ حرارية عن طريق الاحتكاك و هذا سبب ارتفاع حرارة مكابح السيارة بعد استخدامها و يصل ارتفاع درجة حرارة مكابح السيارة عند استخدامها إلى درجات حرارةٍ لا يُمكن تصورها فالمكابح في سيارات السباق تصبح عند استخدامها حمراء متوهجة من الحرارة كالحديد الذي يخرج من أفران الصهر أو من كير الحداد.

السرعة الحرجة- السرعة الحدية terminal velocity

مر معنا سابقاً كيف أن تسارع الجسم الساقط من مكانٍ مرتفع يزداد بمعدل 9.8 متر في الثانية (تسهيلاً 10 متر في الثانية) بفعل الجاذبية الأرضية ، غير أن تسارع الجسم الساقط يتوقف عندما تبلغ سرعة ذلك الجسم سرعةً معينة تُدعى بالسرعة الحدية فعند هذه السرعة الحدية يحدث توازنٌ ما بين قوة سقوط هذا الجسم بفعل ثقله المتجهة نحو الأسفل ↓ و بين القوة الصاعدة لمقاومة الهواء المتجهة نحو الأعلى↑.

و مقاومة الهواء air resistance عبارة عن قوة احتكاكٍ يكون اتجاهها مُعاكساً لاتجاه أي جسم يتحرك في الفضاء ، و كُلما كانت حركة الجسم في وسطٍ سائلٍ أو غازي أسرع كانت قوة المقاوَمة أكبر.

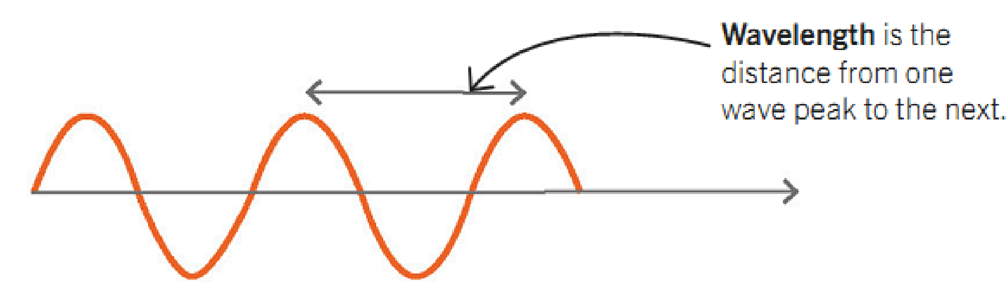
إن السرعة الحدية هي سرعةٌ ثابتة عندما يصل إليها الجسم يحدث توازنٌ بين القوى العمودية المؤثرة على ذلك الجسم و عند هذه السرعة يتوقف الجسم عن التسارع لأسفل ويسقط بسرعة ثابتة.

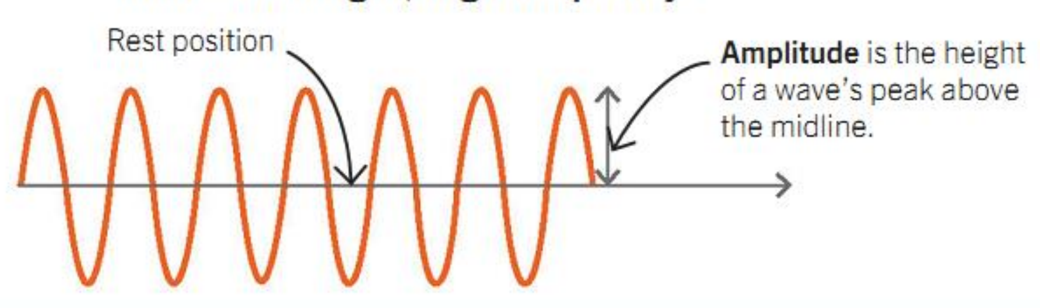
الموجات

الموجات عبارةٌ عن اهتزازات تنقل الطاقة من مكانٍ لآخر.
بعض الموجات كالموجات الصوتية و تموجات الماء و السوائل لا يُمكن لها أن تنتقل في الخواء ، بينما هنالك أنواعٌ أخرى من الموجات كالضوء تستطيع الانتقال في الفضاء (الخواء) الخالي من أية مادة empty space .

طول الموجة wavelength
طول الموجة هو المسافة ما بين قمة الموجة و قمة الموجة التالية لها.
طول الموجة هو المسافة بين ذروتي موجتين متجاورتين.

ارتفاع الموجة Amplitude
ارتفاع الموجة هو مقدار البعد ما بين ذروة الموجة (قمة الموجة) و خطها الأوسط midline
تردد الموجة هو عدد الموجات التي تمر في ثانيةٍ واحدة.





ارتفاع الموجة amplitude و المسافة ما بين ذروة الموجة و خطها الأوسط (خط الصفر أو خط النصف) (قياس عمودي من الأعلى نحو الأسفل).
طول الموجة wavelength هو المسافة بين جزئين متماثلين من الموجة (قياس أفقي) .

ما هو الاختلاف ما بين طول الموجة و تردد الموجة؟

طول الموجة هو الزمن أو المسافة التي تتطلبها الموجة حتى تتم دورةً كاملة، أي حتى يتعاقب جزئين مُتماثلين منها.
أما تردد الموجة فهو عدد الموجات التي تتعاقب في ثانيةٍ واحدة أي عدد الدورات الكاملة في ثانية واحدة.

Displacement=distance
الازاحة= المسافة

يُمكننا تشبيه طول الموجة بعربة قطار أما التردد فهو عدد عربات القطار التي تمر في ثانيةٍ واحدة من نقطةٍ ما .

تداخل الموجات Interference

عندما تتداخل موجتين متزامنتين متماثلتي التردد مع بعضهما البعض فإن ناتج التداخل يكون موجةً عالية أو موجة مرتفعة علماً أن مدى ارتفاع الموجة يدل على حمولة تلك الموجة من الطاقة (كلما كان ارتفاع الموجة أكبر كانت حمولة الموجة من الطاقة أكبر) و هذا الشكل من أشكال التداخل يُدعى بالتداخل البناء constructive interference :



عندما تتداخل موجتين غير متزامنين مختلفتي التردد مع بعضهما البعض فإنهما تُلغيان بعضهما البعض و هذا الشكل من أشكال التداخل يُدعى بالتداخل الهدام Destructive interference :



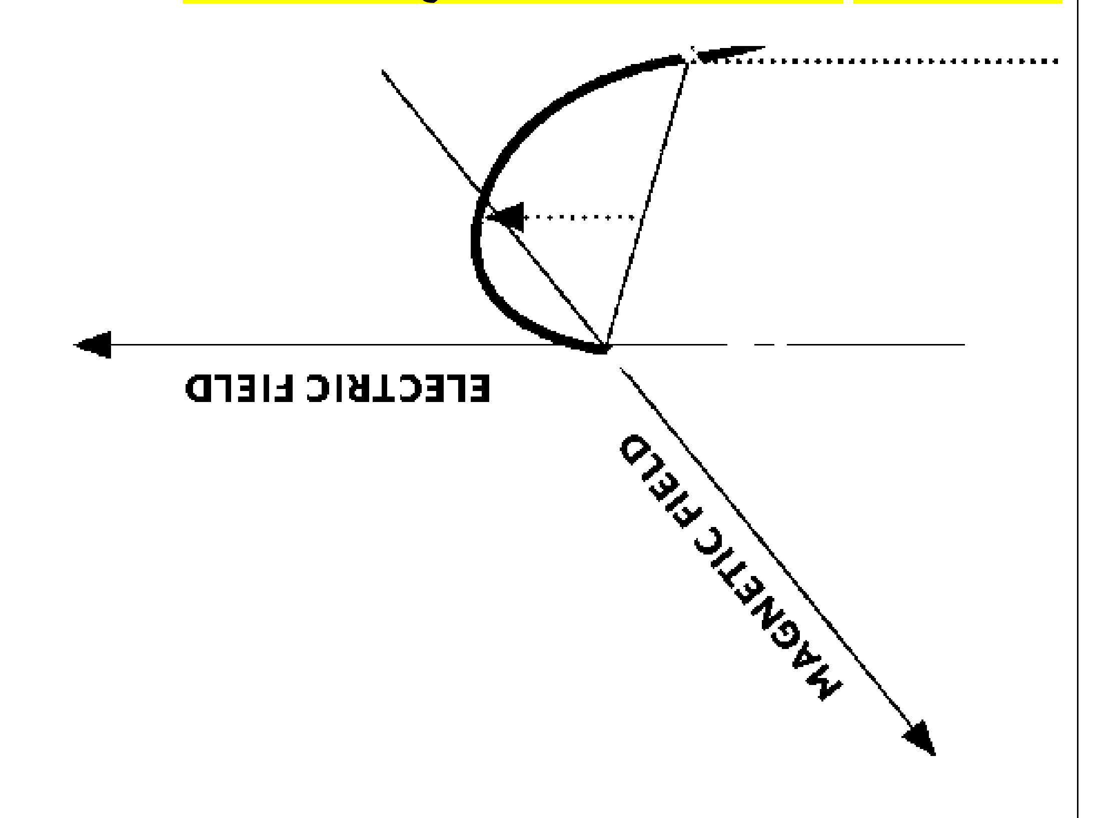
أدنى نقطة في الموجة هي مُنخفض الموجة trough.
أعلى نقطة في الموجة هي قمة الموجة creast .
يتم توصيف الموجة اعتماداً على ثلاثة عوامل و هي:
طول الموجة wavelength أي البعد ما بين ذروة الموجة و ذروة الموجة التالية لها.
التردد frequency و هو عدد الموجات التي تجتاز نقطةً ثابتة خلال ثانية واحدة.
كلما كان كانت الموجة أطول كان عدد الموجات التي تمر في الثانية الواحدة أقل و كان التردد أدنى و العكس صحيح إذ أنه كُلما كانت الموجة أقصر كان عدد الموجات التي تمر في الثانية الواحدة أكبر و كان التردد أعلى.
ارتفاع الموجة Amplitude (سعة الموجة) و هو البعد ما بين ذروة الموجة و خطها الأوسط midline .

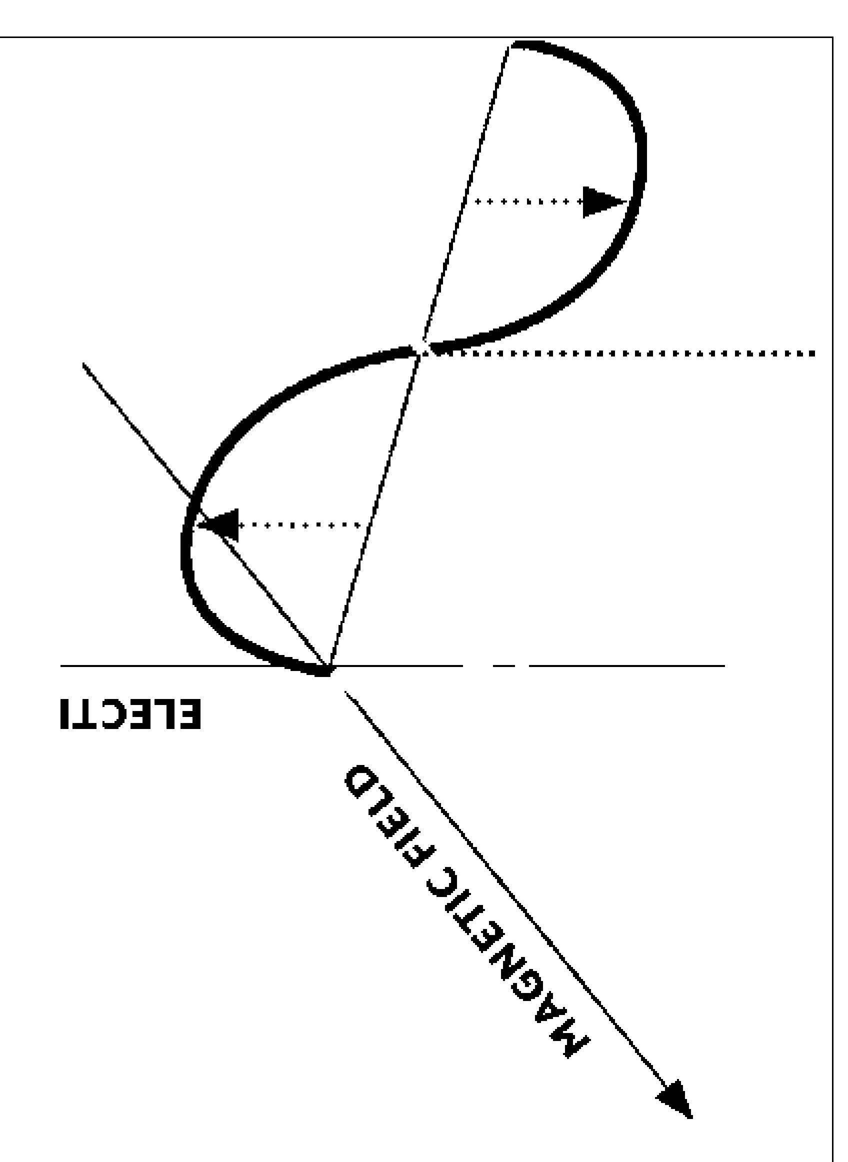
لا تخلط أبداً ما بين طول الموجة و ارتفاع الموجة : طول الموجة قياسٌ أفقي بينما ارتفاع الموجة قياسٌ عمودي.



كلما حملت الموجة مقداراً أكبر من الطاقة كان ارتفاعها أكبر و العكس صحيح ذلك أنه كلما كانت حمولة الموجة من الطاقة أقل كان ارتفاع الموجة أدنى.

يتألف الضوء من موجاتٍ كهربائية و موجاتٍ مغناطيسية متعامدتين مع بعضها البعض بزاويةٍ قائمة 90° درجة كما أنهما تكونان كذلك متعامدتين مع جهة حركة الموجة.





يُمكن للجسيمات المشحونة كهربائياً أن تتبادل الطاقة فيما بينها عن طريق إصدار إشعاعٍ كهرومغناطيسي .

تتألف الموجات المتحركة كالموجات الضوئية من حقلٍ كهربائي و حقلٍ مغناطيسي متعامدين مع بعضهما البعض (بزاوية °90 درجة بالطبع) بحيث أن أي تغيرٍ في أحدهما يؤدي إلى تغير الآخر، و تتحدد طبيعة و تأثير الموجة وفقاً لترددها.

يتم تصنيف الموجات تبعاً لطول الموجة wavelength حيث أن هنالك الموجات الطويلة الموجة long-wavelength المنخفضة التردد low-frequency كالموجات الراديوية و موجات الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء ، كما أن هنالك الموجات ذات طول الموجة الأقصر و التردد الأعلى كالموجات المؤينة (التي تنتزع إلكترونات الذرة) مثل الأشعة الفوق بنفسجية و أشعة غاما و أشعة إكس X-ray .

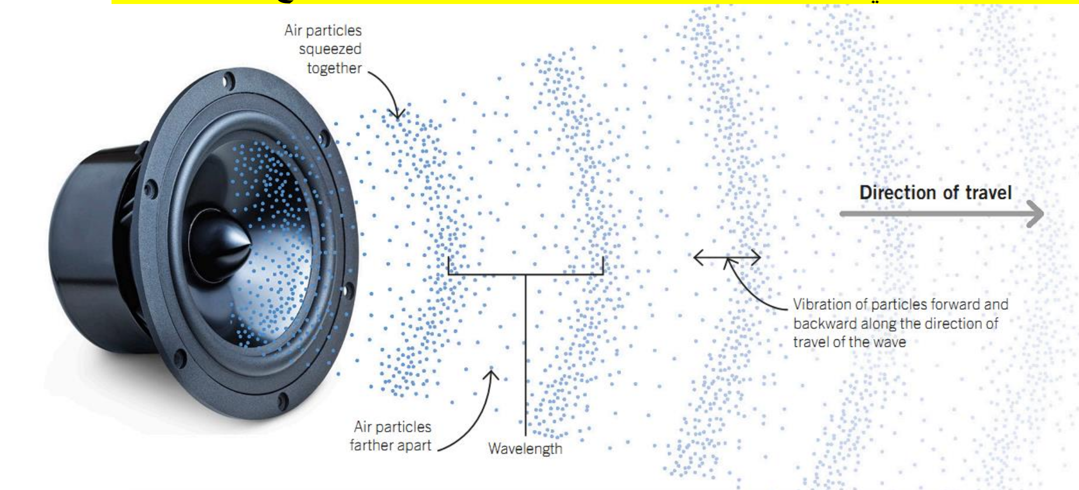
يُمكن للجسيمات المشحونة كهربائياً أن تتبادل فيما بينها الطاقة عن طريق إصدار إشعاع كهرومغناطيسي و هذه الموجات تتألف من حقلٍ مغناطيسي و حقلٍ كهربائي مترددين متعامدين مع بعضهما البعض °90 درجة.

الموجات الصوتية

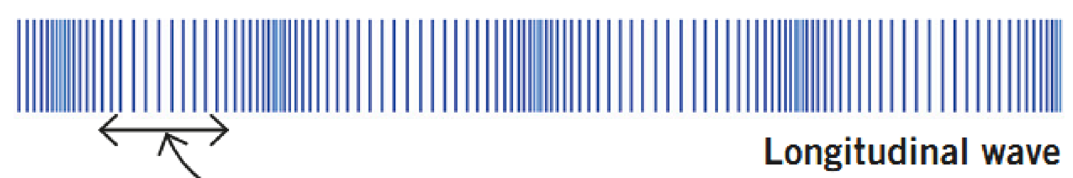
يتألف الصوت من موجاتٍ غير مرئية لا تنتقل إلا في وسطٍ مادي أي وسطٍ صلبٍ أو سائلٍ أو غازي.
الموجات الصوتية هي موجاتٌ طولية longitudinal waves أي أن اتجاه الاهتزاز يكون باتجاه الأمام و الخلف بالنسبة لاتجاه حركة الموجة.

الموجة الطولية Longitudinal wave
الموجات الطولية، والتي يشار إليها أيضًا باسم الموجات الانضغاطية compressional waves أو موجات الضغط **pressure waves** ، هي موجات تمتد اهتزازاتها على طولها أو أنها تكون موازية لاتجاه حركتها .

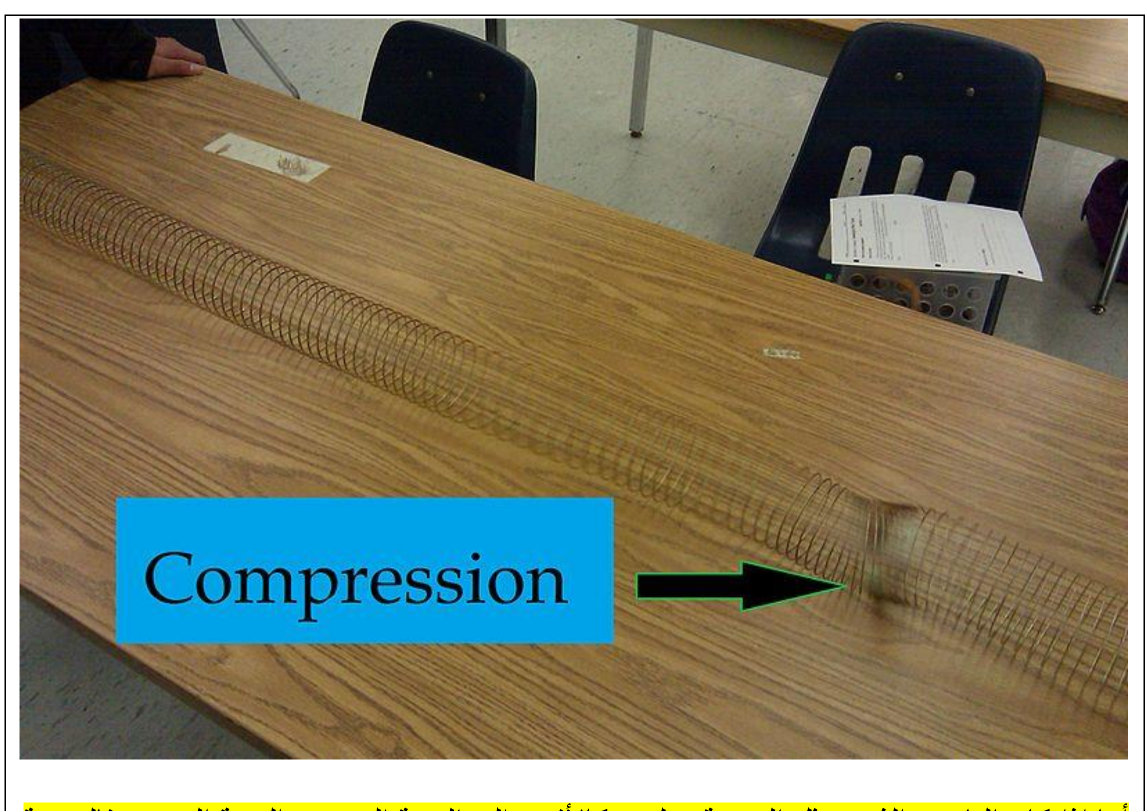
أما الموجات الضوئية فهي موجاتٌ عرضية **Transverse wave** لأن الاهتزازات فيها تكون مُتعامدةً مع اتجاه حركة الموجة.
الموجات الضوئية هي موجاتٌ طولانية لأن اهتزازاتها تكون متوازية مع اتجاه الموجة.



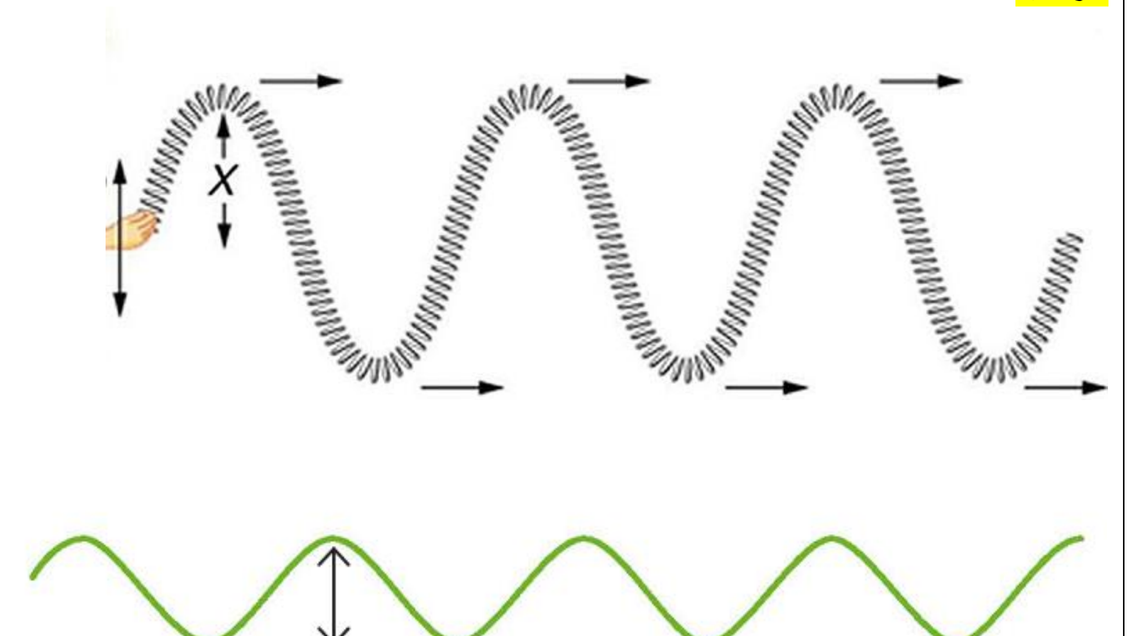
يبين الشكل السفلي اتجاه الاهتزاز في الموجات الطولية حيث يتحرك الاهتزاز نحو الأمام و الخلف على امتداد اتجاه الموجة الطولية أو بشكلٍ موازي لاتجاه الموجة الطولية.
فإذا كانت الموجة الطولية تتجه نحو الغرب مثلاً فإن حركة اهتزازاتها تكون نحو الغرب و الشرق و إذا كانت الموجة الطولية تتجه نحو الجنوب مثلاً فإن جهة اهتزازها تكون نحو الشمال و الجنوب.



إذا كان الاهتزاز في النابض على شكل انضغاط و انبساط نحو الأمام و الخلف فالموجة التي يمثلها هذا النابض موجةٌ طولية.



أما إذا كان النابض الذي يمثل الموجة يتلوى كالأفعى إلى الجهة اليمنى و الجهة اليسرى فالموجة عرضية .

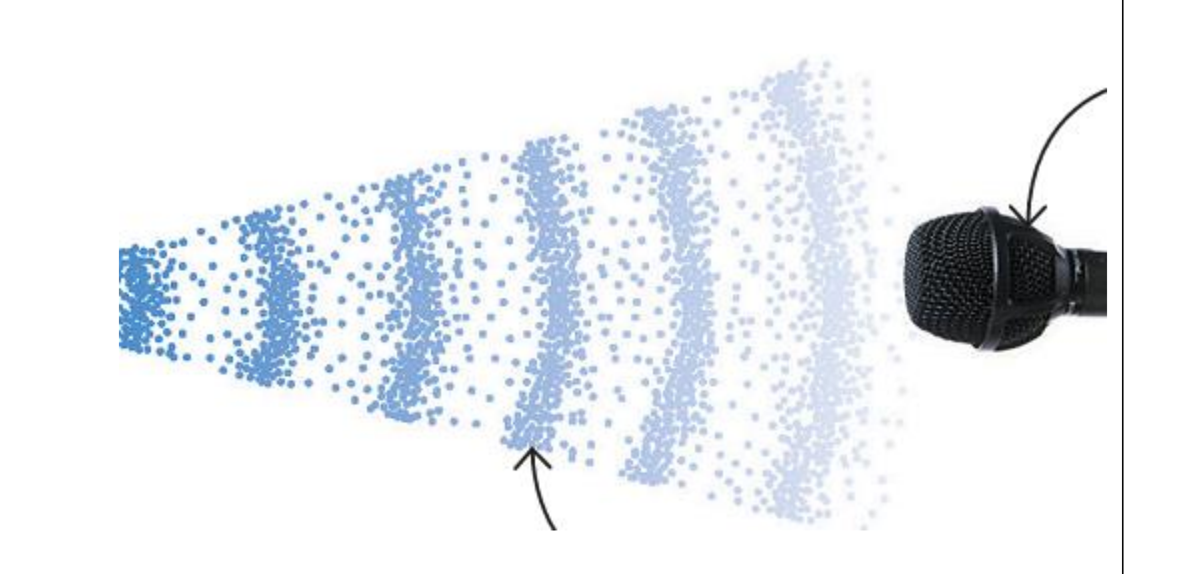


يبين الشكل السابق موجة عرضية و كيف أن اتجاه الاهتزاز فيها يكون متعامداً مع جهة حركتها.

الموجة العرضية **Transverse wave**

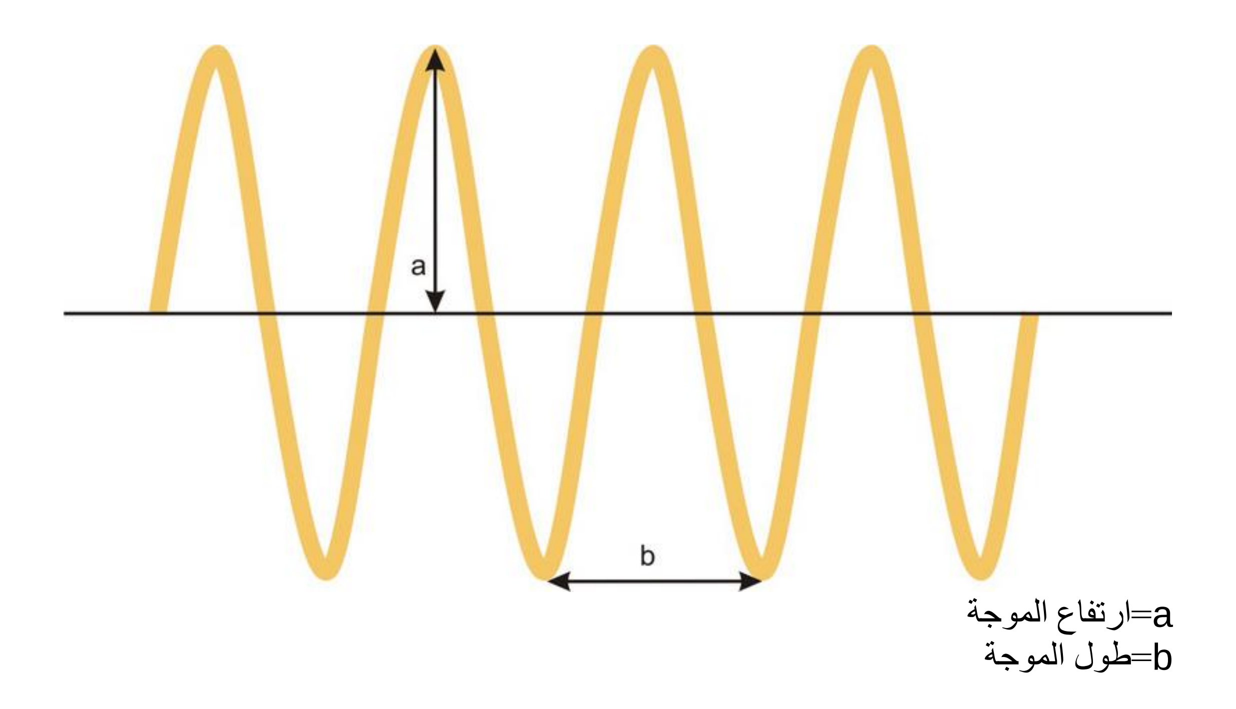
الموجة المستعرضة هي موجة تهتز بشكلٍ متعامدٍ مع اتجاه حركتها. فإذا كانت الموجة العرضية تتحرك نحو الأمام فذلك يهني بأن اتجاه اهتزازها يكون إلى الجهة اليمنى و الجهة اليسرى..
الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات عرضية.

تتألف جميع الموجات من اهتزازات و كما ذكرت سابقاً فإنه في حال الموجات الصوتية يكون اتجاه الاهتزاز نحو الأمام و الخلف على امتداد اتجاه الموجة و بذلك فإن الموجات الصوتية توصف بأنها موجاتٌ طولانية.
أما في حال الموجات الضوئية light waves و الموجات المائية water waves فإن اتجاه الاهتزاز يكون جانبياً بالنسبة لاتجاه تلك الموجة و لهذا السبب فإننا ندعو الموجات الضوئية و الموجات المائية بأنها موجاتٌ عرضانيةTransverse wave .





كلما كان ارتفاع الموجة amplitude الصوتية أكبر كان الصوت أكثر ارتفاعاً .
ارتفاع الموجة amplitude هو البعد العمودي ما بين قمة الموجة الصوتية و الخط الأوسط .
كُلما كان تردد الموجة الصوتية أعلى كانت نبرة الصوت أحد high-pitched.

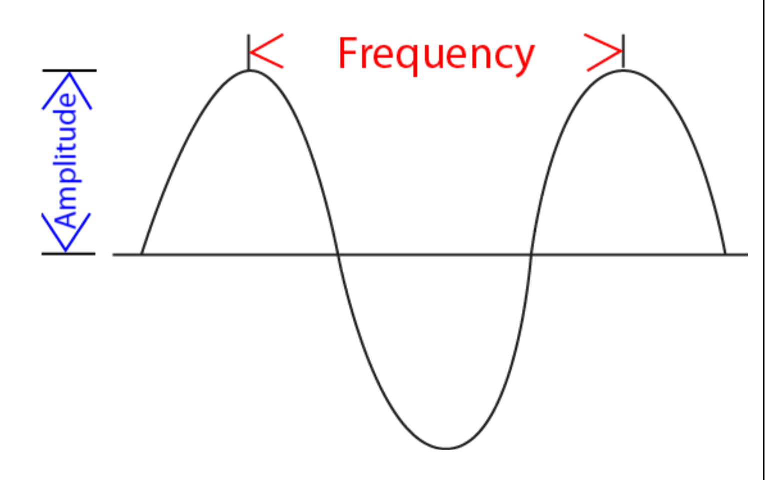


a=ارتفاع الموجة
b=طول الموجة

الضوضاء عالية الطبقة (حادة النبرة) High-pitched noises هي تلك التي لها طبقة صوت و نبرة أعلى من بقية الأصوات في المناطق المحيطة. بعض الأمثلة على الصوت عالي النبرة high-pitched sound هي الصفير، وأصوات الأطفال.

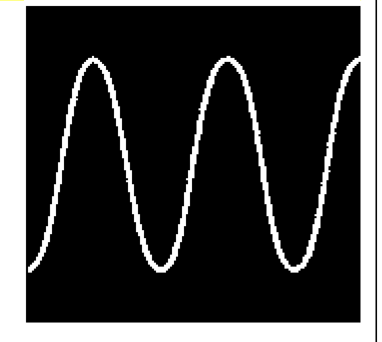
تكون نبرة صوت الطفل مرتفعة و حادة لأن حنجرة الطفل صغيرة وحباله الصوتية قصيرة ورقيقة وضيقة. عندما يمر الإنسان بمرحلة البلوغ، تنمو الحنجرة، وتطول الحبال الصوتية وتزداد سماكة، فيزداد الصوت خشونةً.
يتمتع الأطفال، بالإضافة إلى العديد من النساء، بأصوات ذات طبقة و نبرة أعلى **higher-pitched voices** يصعب على الأشخاص الذين يعانون من ضعف السمع فهمها مقارنة بالأصوات ذات الطبقة و النبرة المنخفضة. أظهرت الأبحاث أن متوسط تردد أصوات الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 6-10 سنوات هو 262 Hz هرتز عند الصبيان و282 Hz هرتز عند الفتيات.
تكون نبرة صوت الصبيان أكثر انخفاضاً low-pitched و أقل حدة بقليل من نبرة صوت الفتيات لأن الحبال الصوتية vocal cords عند الصبيان تكون أقصر طولاً.

يقوم جهاز رسم الإشارة oscilloscope بتمثيل الموجات بشكلٍ مرئي .
بالرغم من أن الموجات الصوتية هي موجاتٌ طولانية longitudinal (ذبذباتها موازية أو مماثلة لاتجاهها) فإن شكل هذه الموجة waveform يظهر على راسم الإشارة على شكل موجاتٍ مُعترضة transverse waves(عرضية) و هو الأمر الذي يجعل من عملية تحليل تلك الموجات أكثر سهولة.
إن المحور X (X-axis) على شاشة راسم الإشارة يُمثل الزمن بينما يُمثل المحور Y (Y-axis) سعة أو ارتفاع الشارة amplitude (ارتفاع الموجة ، أي البعد بين قمة الشارة و خطها الوسيط) .

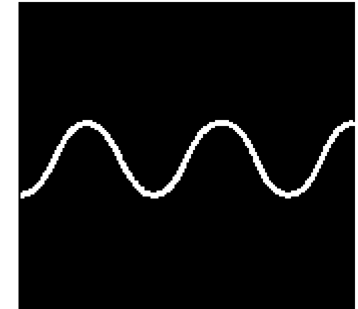


تمييز الأصوات كما يُظهرها راسم الإشارة

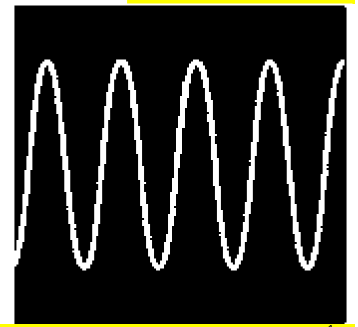
الأصوات المرتفعة :
تتميز الأصوات المرتفعة أي الأصوات الصاخبة أو العالية بارتفاع موجة amplitude كبير أي أنها تتميز ببعد قمتها عن خطها الأوسط و لهذا السبب فإن تلك الموجات تكون ذات شكلٍ طويل.



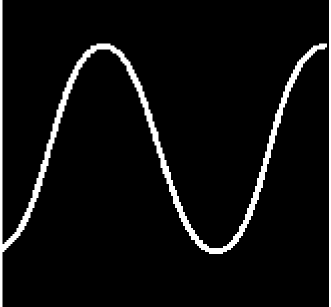
.
الأصوات الخافتة المُنخفضة:
تتميز الأصوات المُنخفضة بأن ارتفاع موجتها يكون قليلاً low amplitude أي أن البعد ما بين قمة موجتها و خطها الأوسط يكون قليلاً و ذلك بخلاف الأصوات العالية.



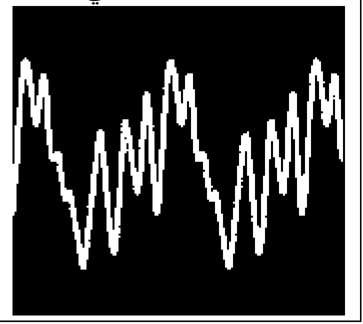
الأصوات ذات النبرة العالية High-pitched sounds أي الأصوات الحادة الصافرة كأصوات الأطفال تتميز بترددٍ مُرتفع و يتميز شكل الموجة waveform في هذا النوع من الموجات بأن قمم الموجات تكون قريبةً من بعضها البعض و بالطبع كلما كانت الموجات أضيق أي كانت قممها قريبةً من بعضها البعض كان عدد تلك الموجات أكبر في الثانية الواحدة (بسبب ضيقها) و بالتالي كان ترددها أعلى.
كلما ضاقت الموجة اتسعت الثانية الواحدة لعددٍ أكبر من الموجات و بالتالي كان التردد أصبح التردد أكثر ارتفاعاً.



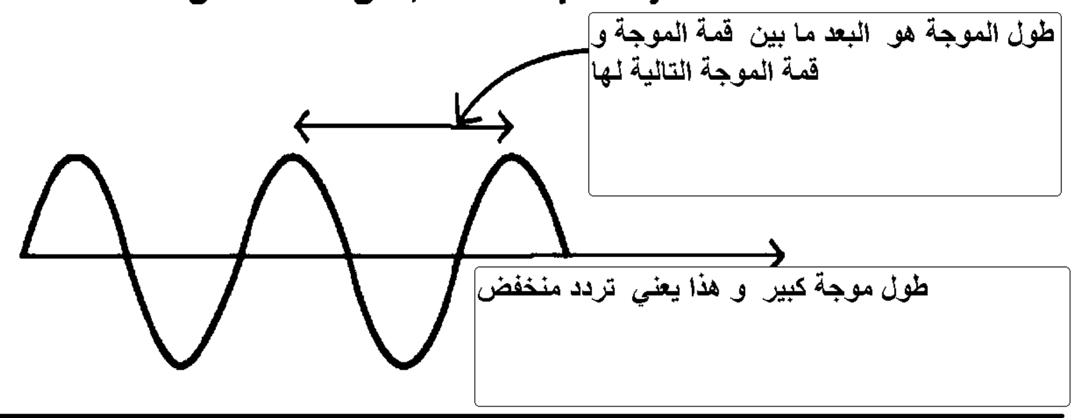
الأصوات العريضة ذات النبرة المُنخفضة Low-pitched sounds :
تتميز الموجات الصوتية في الأصوات العريضة(كصوت الرجل) بأن قممها تكون بعيدةٌ عن بعضها البعض أي أن موجاتها تكون مُتسعة و عريضة لذلك فإن هذه الموجات تكون أكثر طولاً و هذا يعني بأن هنالك عددٌ أقل من الموجات في الثانية الواحدة و و بالتالي فإن ترددها يكون منخفضاً.



الموجة المعقدة : و هي تتألف من تداخل أنواع متعددة من الموجات الصوتية.



لا تخلط أبداً بين طول الموجة و الذي هو قياسٌ أفقي و بين ارتفاع الموجة و الذي هو قياسٌ عمودي.



مدة الموجة (دورة الموجة)wave's period هي الزمن اللازم لمرور طول موجةٍ كاملة (من الذروة إلى الذروة).
طبعاً بما أن الموجة تتحرك على امتداد طولها فإن مدة الموجة هي الزمن اللازم حتى يمر طول موجة كاملة من ذروة تلك الموجة إلى ذروة الموجة التالية لها.
نحن نُعرف تردد الموجة بأنه عدد الموجات التي تمر في الثانية الواحدة تحديداً أي عدد الموجات في الثانية، أما مدة الموجة فهي المدة التي يستغرقها مرور موجة واحدة فإذا كان تردد موجة ما 4 هرتز في الثانية فذلك يعني بأن الثانية الواحدة تتسع لأربع موجاتٍ من تلك الموجة أي أنه في كُل ثانية تمر أربع موجات و هذا يعني بأن مُدة الموجة الواحدة أي الزمن الذي يستغرقه مرور موجة واحدة هو رُبع ثانية :

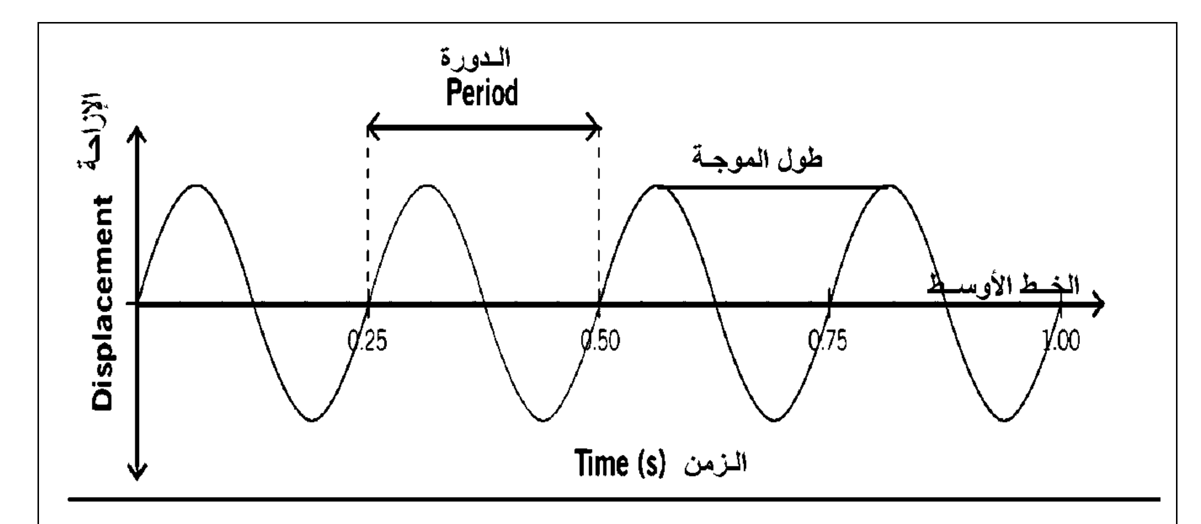
1/4=0.25

$\frac{1}{4}$=0.25

1÷4=0.25

25 بالمئة من الثانية أي ربع ثانية.

يُقاس تردد الموجة بوحدة الهرتز hertz (Hz) في الثانية و الهرتز يساوي دورةً واحدة كاملة.



تردد الموجة= $\frac{1}{\text{مدة الموجة}}$

سرعة الموجة =تردد الموجة×طول الموجة.

هنالك علاقة تناسبٍ عكسي ما بين مدة الموجة و ترددها إذ أنه كلما كانت مُدة الموجة أطول كان تردد الموجة أدنى و العكس صحيح إذ أنه كلما كانت مدة الموجة أقصر كان تردد الموجة أعلى.

ماذا يعني هذا الكلام ؟

إنه يعني بأنه كلما كانت مدة الموجة أطول فذلك يعني بأن الثانية الواحدة لن تتسع للكثير من الموجات أي أنه لن يمر عددٌ كبير من الموجات في الثانية الواحدة بسبب طول تلك الموجات و بالتالي فإن تردد تلك الموجة في الثانية سيكون منخفضاً .

أما إذا كانت مدة الموجة أقصر فإن ذلك يعني بأن الثانية الواحدة سوف تتسع لعددٍ أكبر من الموجات أي أنه سوف يمر عددٌ أكبر من الموجات في الثانية الواحدة بسبب قصر تلك الموجات و بالتالي فإن تردد تلك الموجة في الثانية سيكون مرتفعاً.

فقط تصور بأن هنالك جسر بطول 100 متر مثلاً ولا يتسع إلا لعبور سيارة واحدة فهل سيمرر هذا الجسر العدد ذاته من السيارات السياحية الصغيرة و شاحنات نقل الحاويات و الحافلات الكبيرة؟

بالطبع لا ، فمقابل كل شاحنة كبيرة واحدة يُمررها الجسر يُمكن له أن يمرر ثلاث أو أربع سيارات صغيرة.

التردد (مقاساً بالهرتز)= $\frac{1}{\text{مدة الموجة(بالثانية)}}$

$f=\frac{1}{T}$

F=frequency التردد

T=Time الزمن

نطبق المعادلة السابقة على مثالنا السابق :

إذا كان تردد موجة ما 4 Hz هرتز في الثانية فذلك يعني بأن الثانية الواحدة تتسع لأربع موجاتٍ من تلك الموجة أي أنه في كُل ثانية تمر أربع موجات و هذا يعني بأن مُدة الموجة الواحدة أي الزمن الذي يستغرقه مرور موجة واحدة هو رُبع ثانية :

$\frac{1}{4}=0.25$

25 بالمئة من الثانية أي ربع ثانية.

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

التردد (مقاساً بالهرتز)=$\frac{1}{\text{مدة الموجة(بالثانية)}}$

$4=\frac{1}{0.25}$=4 Hz

4=4

نرمز لطول الموجة wavelength بالحرف الإغريقي لا مبدا λ lambda و طول الموجة يُعادل المسافة ما بين قمة موجة و قمة الموجة التالية لها.

Speed(m/s)=frequency(HZ)×wavelength λ

سرعة الموجة (متر\ثانية) =التردد(هرتز) ×طول الموجة λ (متر).

V=f× λ

ينتقل الصوت في الهواء بسرعةٍ تبلغ نحو 343 m متر في الثانية و تكون سُرعته في الماء أكبر بأكثر من أربع مرات حيث تبلغ 1480 m/s متر في الثانية و ينتقل في المواد الصلبة بسرعة 5000 m/s متر في الثانية.



آلة موسيقية يبلغ تردد صوتها 1600 Hz هرتز فإذا كانت سُرعة الصوت في الهواء تبلغ 343 m/s متر في الثانية فكم تبلغ طول موجة λ صوت هذه الآلة الموسيقية.

لحل المسألة السابقة نستخدم معادلة حساب سرعة الموجة :
سرعة الموجة (متر\ثانية) =التردد(هرتز) ×طول الموجة λ (متر).

$V=f\times\lambda$

V سرعة الموجة

f =frequency=التردد

و لكن بما أن مجهول المسألة و مطلوبها هو طول الموجة λ فإننا نجعل منه مطلوب المُعادلة و مجهولها ، و بما أن العملية الأساسية هي عملية ضرب فإننا نقوم بحساب الطرف المجهول فيها (

و هو بالطبع طول الموجة (λ) عن طريق قسمة النتيجة أي السرعة V على الطرف الآخر المعلوم أي التردد F فنحصل على عملية القسمة التالية :

طول الموجة$=\frac{\text{سرعة الصوت}}{\text{التردد}}$

$\lambda = \frac{V}{F}$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$\lambda = \frac{353\ m\backslash s}{1600\ Hz} = 0.21$

إذاً فإن طول الموجةλ يُساوي 0.21

λ =0.21

السرعة هنا هي سرعة الصوت في وسطٍ ما ، و بما أن موضوع المسألة هو صوت آلة موسيقية قد استخدمنا سرعة الصوت في الهواء $353\ m\backslash s$ متر في الثانية.

السونار Sonar

يعتمد السونار في عمله على صدى الموجات الفوق صوتية ultrasound echoes و ذلك لاكتشاف الأجسام الموجودة تحت سطح الماء كالغواصات حيث تنتقل الموجات الصوتية بسرعة 1500 m/s متر في الثانية في الماء ، فإذا رجع صدى الموجة الفوق صوتية بعد ثانيةٍ واحدة من إرساله أي بعد نصف ثانية من ارتداده عن جسمٍ ما فذلك يعني بأن هذا الجسم الذي ارتدت عنه الموجات الفوق صوتية يبعد 750 متر .

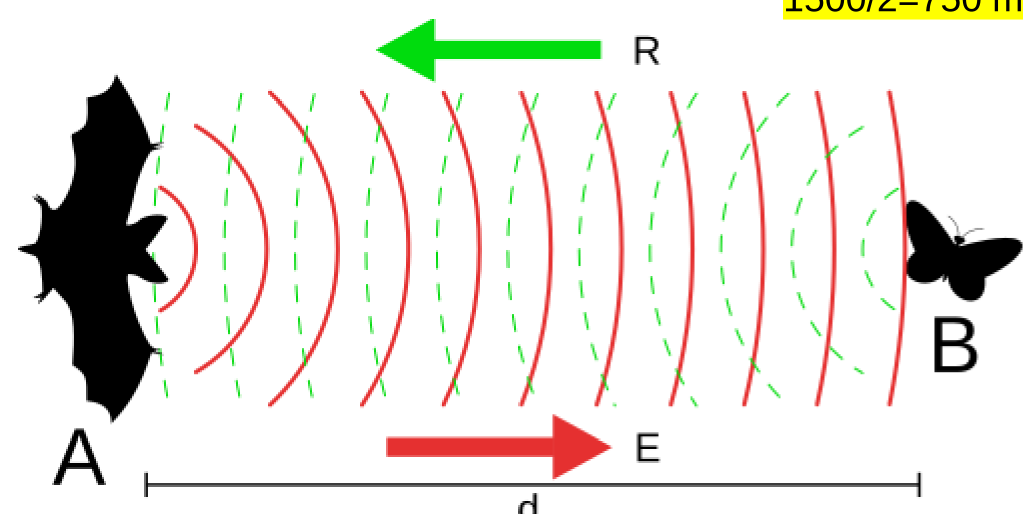
750 m متر هي المسافة التي قطعتها الموجات الصوتية حتى تصل إلى ذلك الجسم و 750 m متر هي المسافة التي قطعتها الموجات الفوق صوتية حتى ترتد عن ذلك الجسم حيث أن سرعة الصوت في الماء تبلغ 1500 m/s متراً في الثانية.

750 +750=1500 m/s

1500 m/s /2=750 m/s

و بما أن سرعة الصوت في الماء تبلغ 1500 m/s متر في الثانية فذلك يعني بأن ذلك الجسم يبعد 750 m متراً.

1500/2=750 m



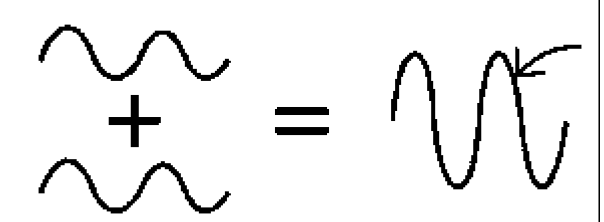
تستخدم بعض الكائنات الحية كالدلفين و الخفاش الموجات الفوق صوتية حتى تستطيع التوجه و التحرك في الظلام و حتى تجد طعامها.
يقوم الخفاش (الوطواط) بإطلاق موجاتٍ فوق صوتية من فمه و ذلك لتحديد موقع الفراشات الليلية (العثة) التي تطير في الظلام ، و يستطيع الخفاش معرفة بعد العثة عنه من خلال قيامه بحساب المدة التي استغرقها رجوع صدى الموجات الصوتية التي سبق له أن قام بإطلاقها بعد اصطدامها بعثة .
كما يستطيع الخفاش من خلال قيامه بتحليل ترددات الموجات الفوق صوتية معرفة ما إذا كانت العثة تطير باتجاهه أو أنها تطيرُ مبتعدةً عنه ، فإذا كانت العثة(الفراشة الليلية) تطيرُ مبتعدةً عن الخفاش فإن صدى الموجات الفوق صوتية يكون ذو تردداتٍ أكثر انخفاضاً أما إذا كانت العثة تطير باتجاه الخفاش فإن ترددات صدى الموجات الفوق صوتية يكون أكثر ارتفاعاً.
إذا كانت المسافة بين العثة و الخفاش في ازدياد فإن الموجات الفوق صوتية تأخذ في الاتساع و يقل عددها في الثانية الواحدة فينخفض تردد الصوت ، أما إذا كانت المسافة بين العثة و الخفاش في تناقص بسبب اقترابهما من بعضهما البعض فإن تلك الموجات تنضغط بينهما فيقل اتساعها و يزداد عددها في الثانية الواحدة فيرتفع تردد الصوت .

تداخل الموجات Interference

يقتصر تأثير التداخل على النقاط التي تتلاقى فيها الموجات المتداخلة مع بعضها البعض فقط و بعد أن تجتاز الموجات المُتداخلة نقطة التداخل فإن كل موجة تستعيد مداها (ارتفاعها) Amplitude السابق.
مدى الموجة أو ارتفاعها Amplitude هي المسافة العمودية ما بين قمة الموجة و خطها الأوسط.
هنالك شكلين من أشكال تداخل الموجات و هما التداخل البَناء (بفتح الباء و تشديد النون و فتحها) constructive interference و التداخل الهدام destructive interference

التداخل البناء

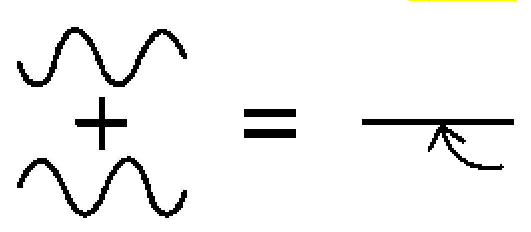
يحدث التداخل البناء عندما تكون الموجتين أو الموجات المُتداخلة مُتزامنة مع بعضها البعض و هو يؤدي إلى إنتاج موجةٍ أعلى ارتفاعاً amplitude ، أي أن التداخل البناء يزيد في البعد ما بين قمة الموجة و خطها الأوسط .



لاحظ كيف أن الموجتين المتداخلتين في حالة التداخل البناء مُتزامنتين (متماثلتين و متطابقتين) عندما تتداخل موجاتٌ متزامنة متماثلة مع بعضها البعض في هذا الشكل من أشكال التداخل يزداد ارتفاعها amplitude.

التداخل الهدام

يحدث التداخل الهدام عندما تكون الموجات المتداخلة غير متزامنة مع بعضها البعض و هذا الأمر يؤدي لأن تقوم هذه الموجات المُتداخلة بإلغاء و تقويض بعضها البعض ، و هذا النوع من التداخل يؤدي إلى خفض ارتفاع الموجة amplitude (البعد بين قمة الموجة و خطها الأوسط).



لاحظ كيف أن الموجتين المتداخلتين في التداخل الهدام غير مُتزامنتين (مختلفتين)
عندما تتداخل موجاتٌ غير متزامنة و غير متماثلة مع بعضها البعض في هذا الشكل من أشكال التداخل ينخفض ارتفاعها amplitude.

غير أن الموجات المُتداخلة تستعيد طبيعتها السابقة للتداخل بعد اجتيازها لمنطقة التداخل و تعود لطبيعتها السابقة.
تستخدم أجهزة تنقية الصوت من الضجيج خواص التداخل في تنقية الصوت.

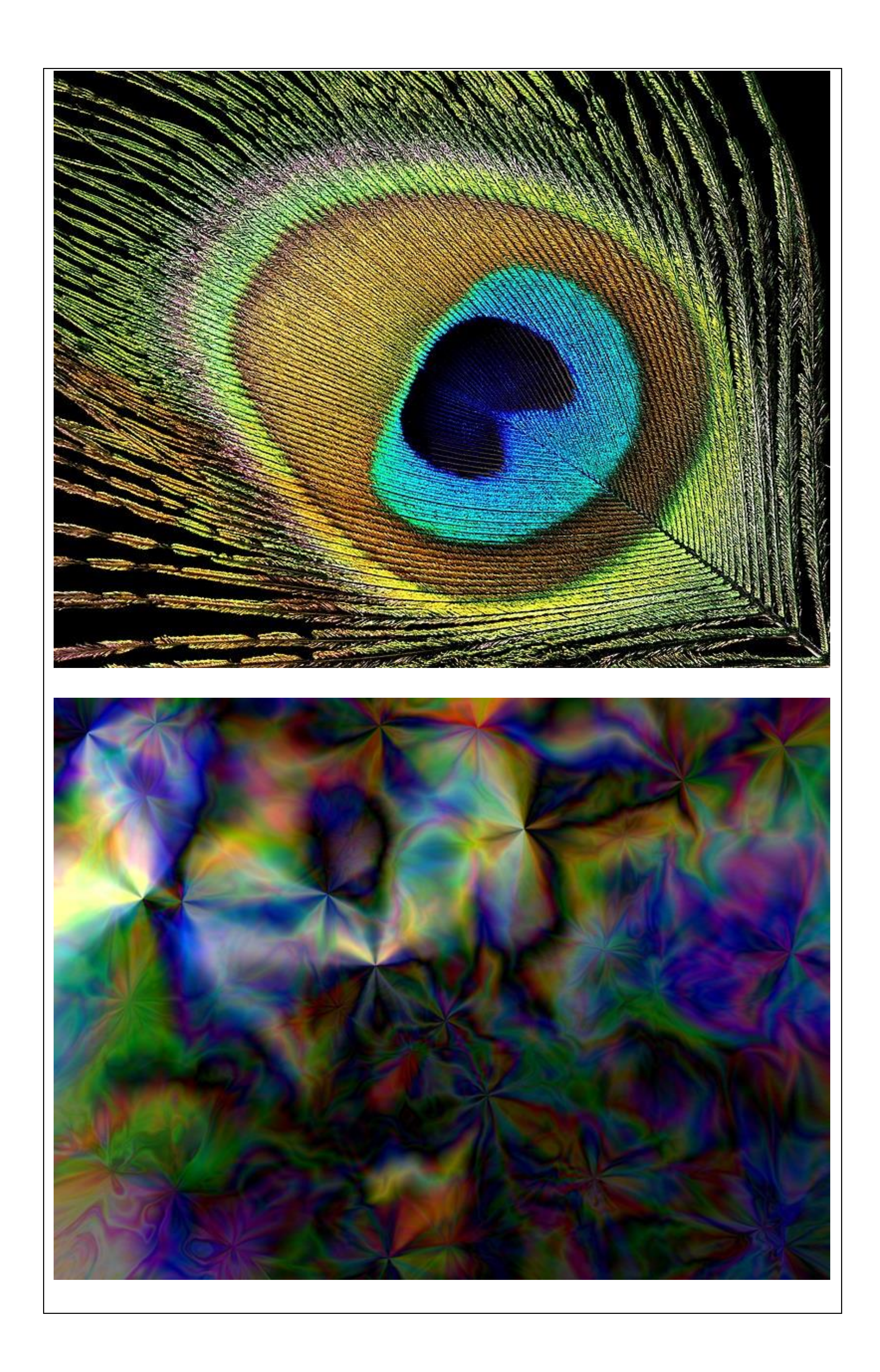
البصريات

يُعتبر الضوء أسرع الظواهر المعروفة فهو يقطع المسافة ما بين الشمس و الأرض و التي تبلغ 150 مليون كيلو متر في 8 دقائق و 19 ثانية و ينتقل الضوء على شكل موجاتٍ ضوئية.
ينتقل الضوء ي خطوطٍ مستقيمة .
تُقسم الأجسام من الناحية الضوئية إلى أجسام مُضيئة و هي مصادر الضوء و أجسام مُضاءة ،و تُقسم المواد من الناحية البصرية و الضوئية إلى مواد شفافةTransparent يُمكن الرؤية من خلالها كالزجاج و النايلون و الماء و مواد شبه شفافة أو نصف شفافة translucent كالزجاج المُحجر أو الزجاج البلوري frosted glass و هذه المواد تسمح بمرور بعض الضوء من خلالها و لا يُمكن الرؤية بوضوحٍ من ورائها حيث تظهر الصورة مشوهة من ورائها و مواد مُعتمة Opaque لا تسمح بمرورِ أي مقدارٍ من الضوء من خلالها كما أن لها ظلاً قاتماً كبيراً.
بالرغم من شفافية الزجاج و الماء و النايلون فإننا نتمكن من رؤيتهما لأنهما يعسكان شيئاً من الضوء الذي يمر خلالهما ، و لهذا السبب فإن الرسامين عندما يريدون رسم نافذة زجاجية أو واجهة محلٍ زجاجية فإنهم يقومون برسم لمعة بيضاء اللون تشير إلى انعكاس الضوء من الزجاج.

التقزح اللوني Iridescence

التقزح اللوني Iridescence

التقزح اللوني هو ظاهرة بصرية تتميز بها الأسطح التي يتغير فيها اللون حسب الزاوية التي يُنظر منها إلى ذلك السطح، مثل فقاعات الصابون وأجنحة الفراشة و ريش بعض الطيور.
يحدث التقزح اللوني بسبب انعكاسات متعددة من أسطح متعددة الطبقات وشبه شفافة حيث تعمل تداخل الانعكاسات على تعديل الضوء الساقط (عن طريق تضخيم أو تخفيف الترددات المختلفة).
الكلمة مشتقة جزئيًا من الكلمة اليونانية إيريس (pl. irides)، والتي تعني "قوس قزح.
يحدث التقزح عندما ينعكس الضوء من على سطحي فقاعة الماء الداخلي و الخارجي مثلاً و عندما يتداخل هذين الانعكاسين مع بعضهما البعض يحدث تحسنٌ في بعض الترددات بينما يتم إلغاء تردداتٍ أخرى.
تُلاحظ ظاهرة التقزح في فقاعات الماء و الصابون و في بعض العدسات الزجاجية و ريش بعض الطيور كريش الطاووس و الطائر الطنان و الفراش و سواها.







لماذا لا يُمكن للصوت أن ينتقل في الخواء(الفراغ) ، و لماذا تتطلب الموجات الصوتية (الصوت) وسطاً مادياً (مادة غازية أو سائلة أو صلبة) حتى تستطيع الانتقال؟

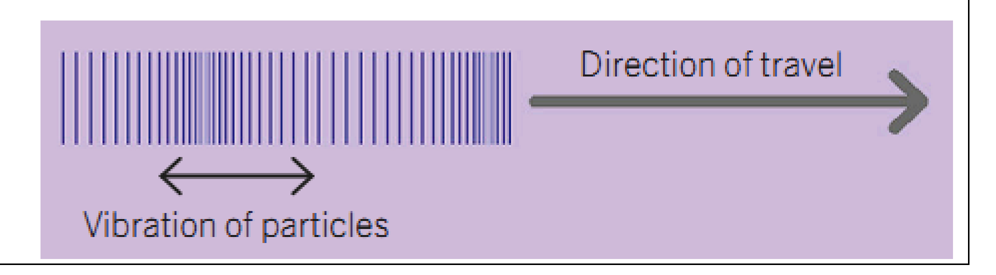
لأن الموجات الصوتية تنتقل على شكل اهتزازاتٍ في مكونات المادة و لذلك لا يُمكن للصوت و الموجات الصوتية أن تنتقل في الخواء(الفراغ) لأنه لا توجد مادة يُمكن أن ينتقل الصوت فيها.

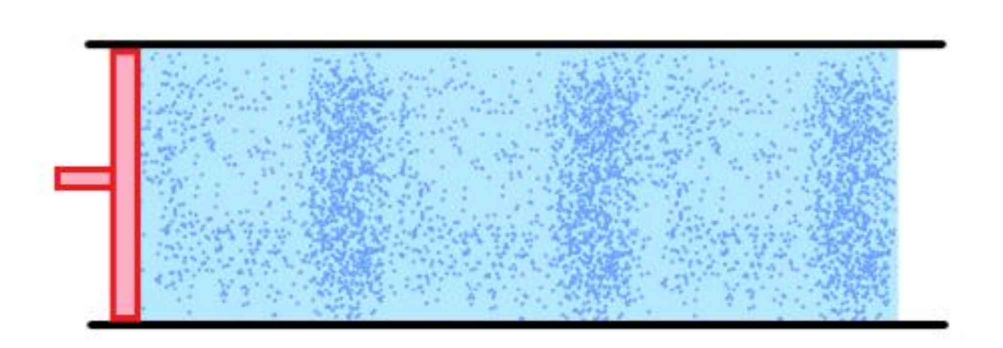
لماذا تستطيع الموجات الضوئية الانتقال في الخواء(الفراغ) بالرغم من أن الموجات الضوئية هي عبارةٌ كذلك عن اهتزازات؟

لأن الصوت أو الموجات الصوتية هي عبارةٌ عن اهتزازات في المادة التي ينتقل الصوت عبرها أما الموجات الضوئية فهي اهتزازاتٌ كذلك و لكنها اهتزازاتٌ في الحقل الكهربائي و الحقل المغناطيسي ذاته و ليس في المادة و لذلك فإن الضوء (الموجات الضوئية) لا تحتاج إلى مادةٍ حتى تنتقل عبرها بل إن معظم المواد الصلبة و المواد المُعتمة تُعيق مرور الموجات الضوئية عبرها.



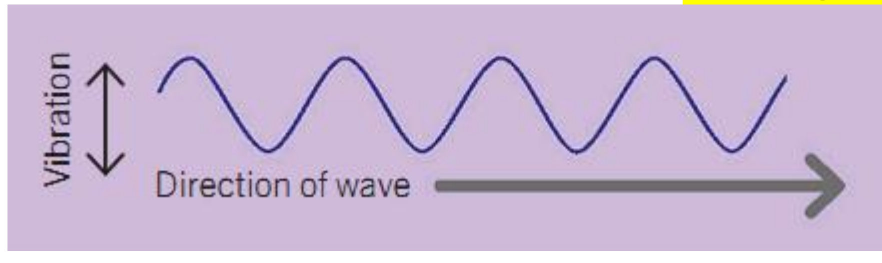
الموجات الصوتية هي موجاتٌ طولانية longitudinal wave أي أن حركة الاهتزازات فيها تكون حيناً مماثلةً لا تجاه الموجة و تكون حيناً آخر مُعاكسةً لاتجاه الموجة و لكن في كلا الحالتين يكون اتجاهها موازياً لاتجاه الموجة و لذلك تُدعى الموجات الطولانية بأنها موجات ضغطٍ أو موجاتً انضغاطية .





أما الموجات الضوئية فهي موجاتٌ عرضية أو مُعترضة transverse wave حيث تحدث الاهتزازات في الحقل الكهرومغناطيسي للموجة ذاتها و ليس في جُزيئات المادة التي ينتقل عبرها .

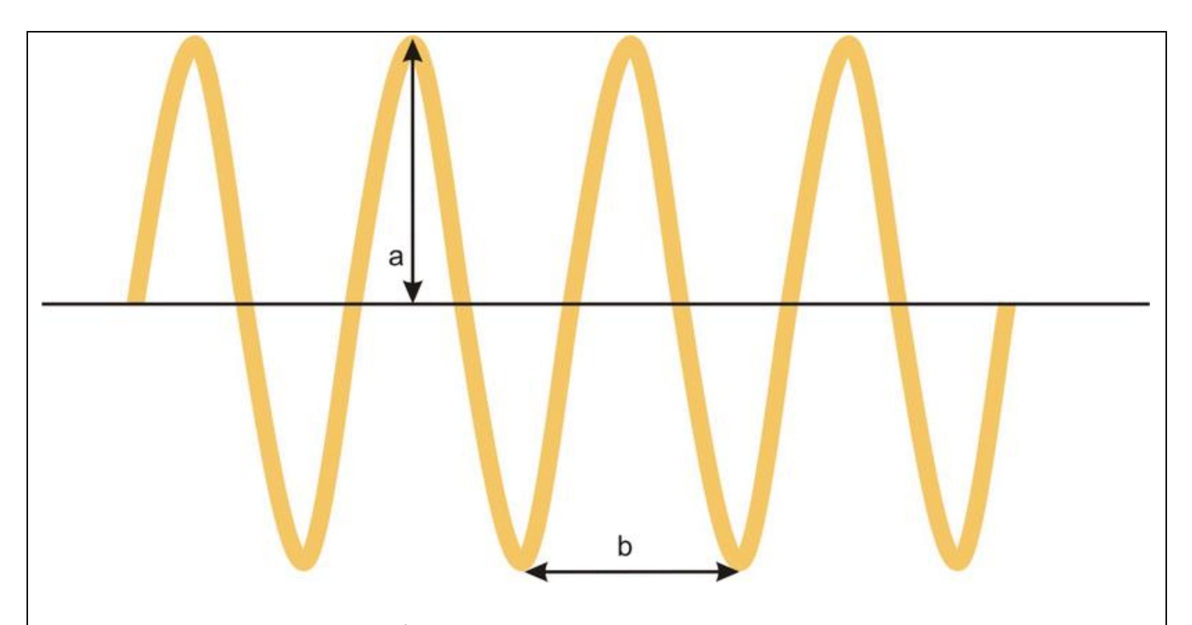
تُعرف الموجات الضوئية بأنها موجاتٌ عرضية أو معترضة أي أن اتجاه الاهتزازات فيها يكون مُتعامداً مع اتجاه الموجة الضوئية فإذا كان اتجاه الموجة الضوئية نحو الجهة اليمنى أو الجهة اليُسرى كان اتجاه اهتزاز الحقل الكهرومغناطيسي نحو الأعلى و الأسفل و إذا كان اتجاه الموجة الضوئية نحو الأعلى أو نحو الأسفل كان اتجاه اهتزاز الحقل الكهرومغناطيسي نحو الجهتين اليُمنى و اليُسرى.



العلاقة ما بين طول الموجة الضوئية أو الصوتية و مقدار ما تحمله من طاقة:



يعتمد مقدار قوة الموجة الصوتية على ارتفاعها amplitude أي البعد ما بين قمتها و خطها الأوسط – كلما كان ارتفاع الموجة الصوتية أكبر كان الصوت أعلى و أكثر ارتفاعاً حيث يُحدد ارتفاع الموجة الصوتية مقدار ما تحمله من طاقة.

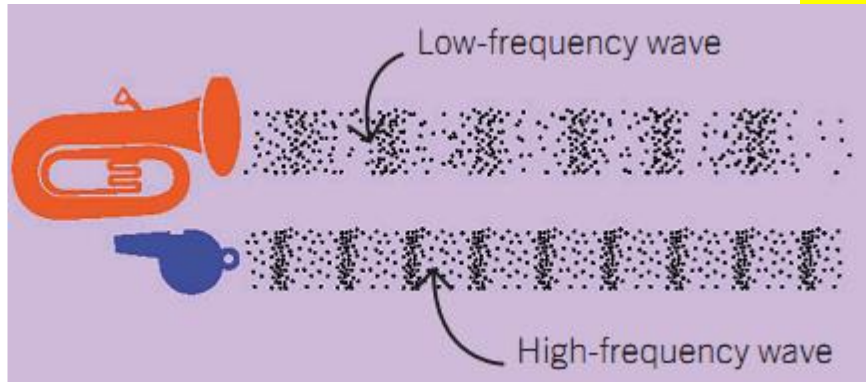


يُحدد ارتفاع الموجة الضوئية amplitude شدة الإضاءة إذ أنه كُلما كانت الموجة الضوئية أكثر ارتفاعاً أي كلما كان البعد بين قمتها و خطها الأوسط أكبر كانت الإضاءة أشد و العكس صحيح ذلك أنه كلما كان ارتفاع الموجة الضوئية أقل كانت الإضاءة أقل.

تردد الموجة:

يُحدد مقدار ارتفاع تردد الموجة الصوتية نبرة الصوت ذلك أنه كلما كان تردد الموجة الصوتية أعلى كانت نبرة الصوت pitch أعلى أي كان الصوت حاداً صافراً .

تكون نبرة صوت الأولاد أعلى من نبرة صوت الكبار لأن تردد أصواتهم أعلى من تردد أصوات الكبار.



أما في الموجات الضوئية فإن تردد الموجة الضوئية (المرئية) يحدد لون تلك الموجة حيث يكون الضوء المرئي ذو التردد المنخفض مثلاً أحمر اللون أما الضوء المرئي ذو التردد العالي فيكون بنفسجي اللون.

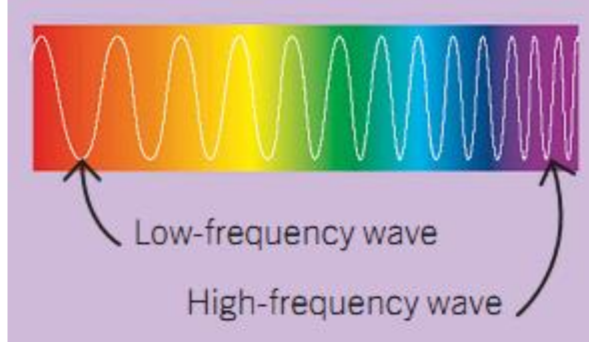
يرتبط ارتفاع الموجة الصوتية بمقدار ارتفاع الصوت –كلما كانت الموجة الصوتية أكثر ارتفاعاً كان الصوت أكثر ارتفاعاً و العكس صحيح أي أنه كلما كانت الموجة الصوتية أقل ارتفاعاً كان الصوت أكثر انخفاضاً.

يرتبط تردد الموجة الصوتية بنبرة الصوت إذ أنه كلما كان تردد الصوت أعلى كان الصوت أحد(صوت الصفير وأصوات الأولاد و العكس صحيح أي أنه كلما كان تردد الصوت أدنى كان الصوت أكثر خشونة (أصوات الرجال و الأبواق)

يرتبط ارتفاع الموجة الضوئية بشدة الإضاءة ذلك أنه كلما كان ارتفاع الموجة الضوئية أكبر كانت الإضاءة أشد و العكس صحيح إذ أنه كلما كان ارتفاع الموجة الضوئية أقل كانت الإضاءة أقل.

يرتبط اللون بمقدار تردد الموجة الضوئية إذ أن هنالك ألوانٌ ذات تردداتٍ منخفضة (كاللون الأحمر) و ألوانٌ أخرى ذات تردداتٍ مرتفعة (كاللون البنفسجي و اللون الأزرق) و الشكل السفلي يبين لنا العلاقة ما بين طول الموجة الضوئية (قياسٌ أفقي) و مقدار التردد و اللون.

كلما كانت الموجة الضوئية أقصر طولاً لم تتسع الثانية الواحدة للكثير من الموجات الضوئية فيكون التردد ادنى.



يًمكن للموجة الصوتية أن ترتد (تنعكس) عن سطح ما و أن تنكسر عند مرورها في وسطٍ ما كما يُمكن أن يقوم سطحٌ ما بامتصاصها، و يُدعى الصوتُ المُنعكس بصدى الصوت .

و كذلك فإن الموجاتُ الضوئية قابلةٌ للانعكاس و الانكسار كما يُمكن لبعض السطوح أن تمتص الضوء.

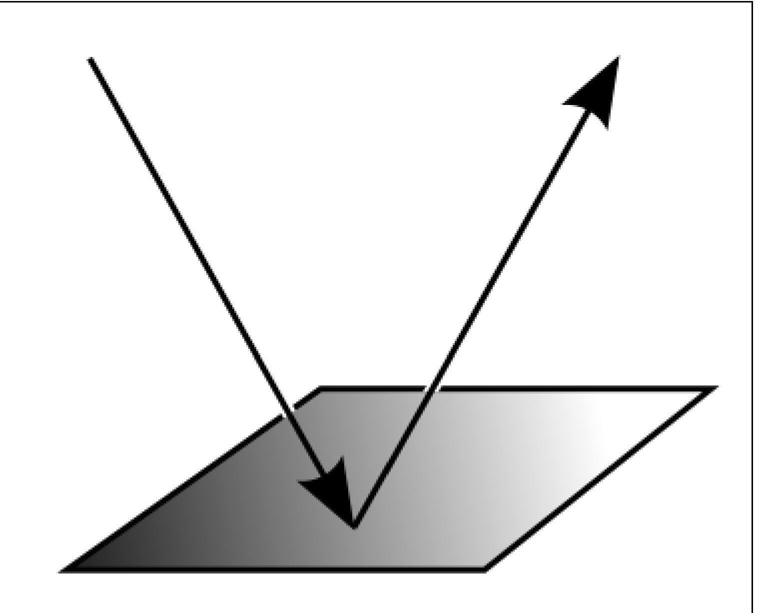
انعكاس الضوء و انكساره

يحدث الانعكاس نتيجة اصطدام الضوء بسطح ما غالباً ما يكون سطحاً صقيلاً لامعاً كالزجاج و المرايا و المعادن اللامعة ، أما الانكسار فإنه يحدث نتيجة مرور الضوء في وسطين شفافين مختلفين عن بعضهما البعض كأن يمر الضوء في الهواء ثن يمر بعد ذلك في الماء أو أن يمر في الهواء ثم يمر بعد ذلك في الزجاج .

قانون الانعكاس

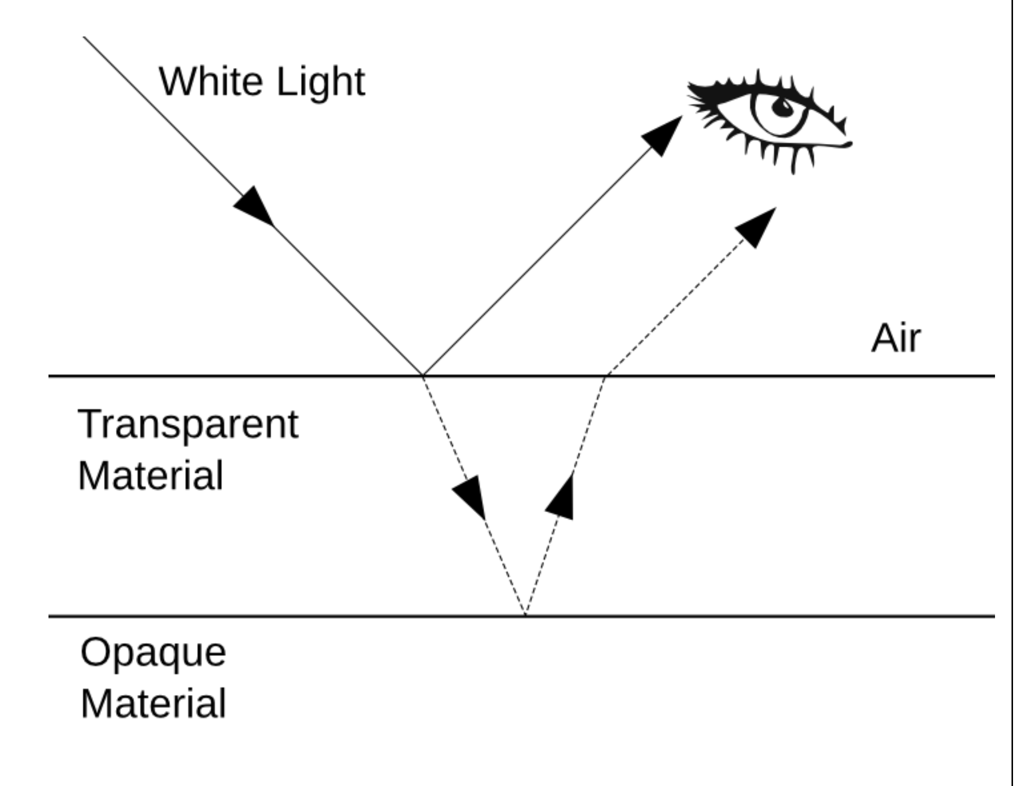
إن زاوية سقوط الضوء تساوي زاوية انعكاسه.

يتم قياس كلتا الزاويتين من خطٍ وهمي مُتعامدٍ بزاويةٍ قائمة 90° درجة مع سطح الانعكاس و يُدعى خط النظر ذاك الذي يتم على أساسه قياس زاوية سقوط الضوء و زاوية انعكاسه بالخط القياسي normal.



و لكن انتبه جيداً في امتحان اختيار الإجابة الصحيحة إذا قالوا لك :
زاوية (انكسار) الضوء تساوي زاوية سقوطه أو زاوية وروده هي مقولة خاطئة لأن زاوية سقوط الضوء لا تساوية زاوية انكساره نتحدث هنا عن (انكسار) الضوء و ليس عن انعكاسه، أما القول بأن زاوية (انعكاس) الضوء يساوي زاوية سقوطه فهو قولٌ صحيح .

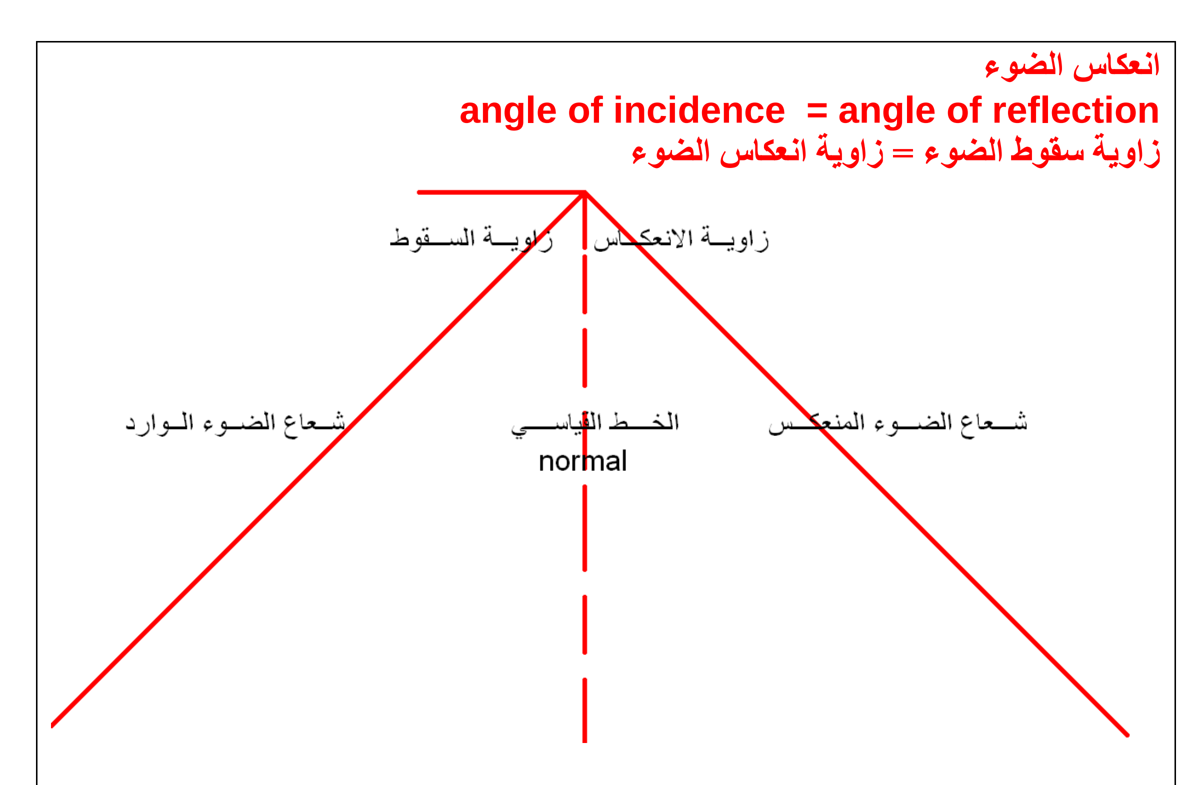
الشكل السفلي يبين لنا انكسار الضوء بين وسطين شفافين:



انعكاس الضوء

angle of incidence = angle of reflection

زاوية سقوط الضوء = زاوية انعكاس الضوء



يوصف الانعكاس السابق بأنه انعكاس مُنتظم regular eflection و هو الانعكاس الذي يحدث على سطحٍ لامعٍ صقيل أما انعكاس الضوء الذي يحدث على سطحٍ خشن غير صقيل فإنه يوصف بأنه انعكاسٌ غيرٌ منتظم أو انعكاس منتشر diffuse reflection .

قانون الانعكاس

زاوية ورود الضوء أو زاوية سقزط الضوء أي الزاوية ما بين شعاع الضوء الساقط Incident (الضوء القادم) و الخط القياسي normal تساوي دائماً زاوية الانعكاس أي الزاوية ما بين الشعاع المنعكس و الخط القياسي.

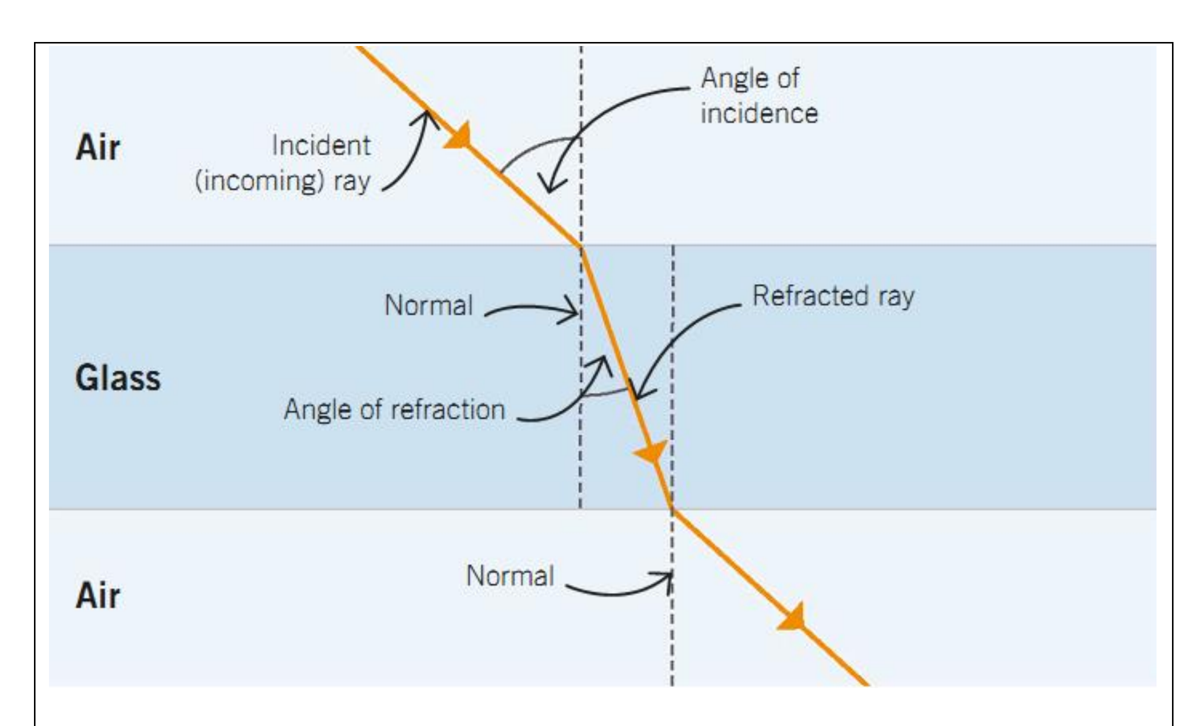
الخط القياسي هو الخط الوهمي المتعامد مع السطح العاكس.

انكسار الضوء Refraction



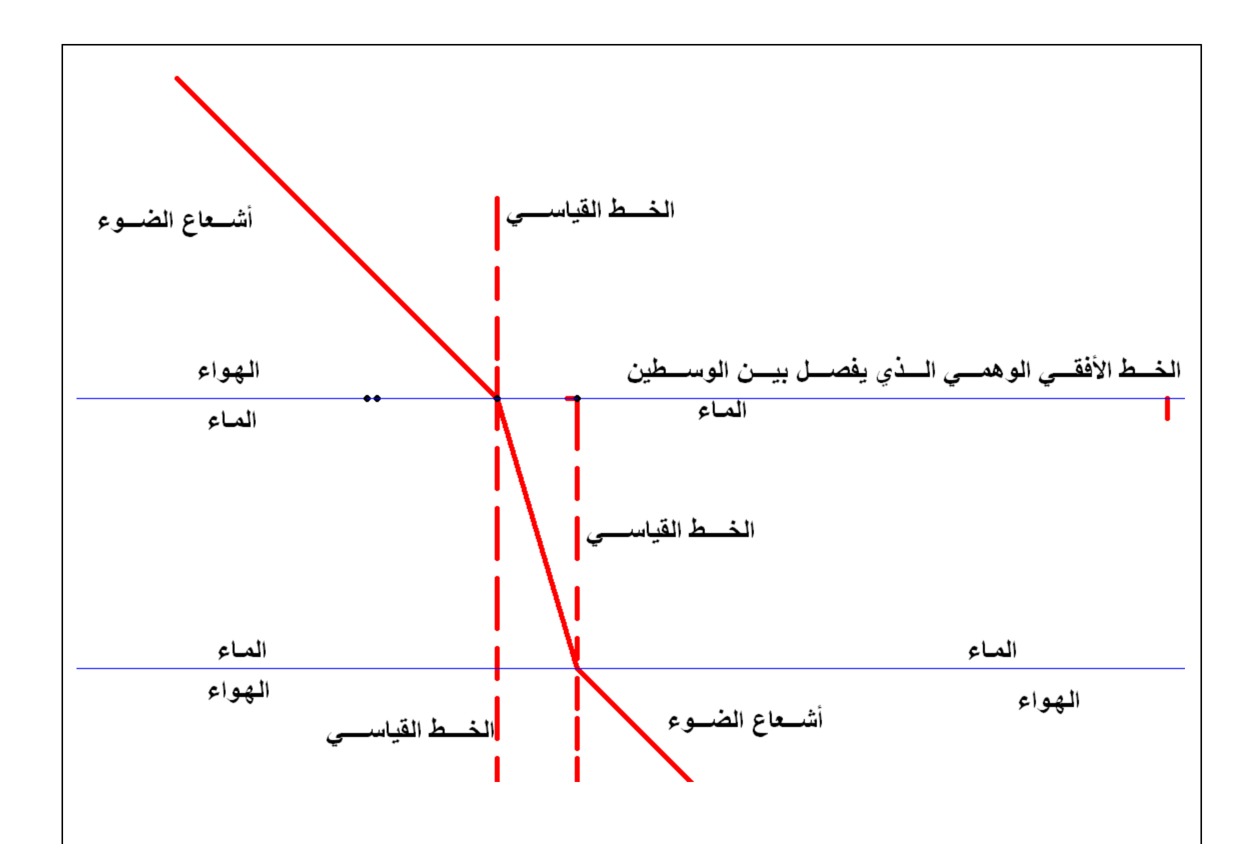
انكسار الضوء Refraction

ينكسر الضوء عندما ينتقل من وسطٍ كالهواء مثلاً إلى وسطٍ آخر مختلفٍ كالماء.
تعتمد العدسات في عملها على ظاهرة انكسار الضوء لحرف الضوء و تركيزه في نقطةٍ واحدة.
ينحرف إشعاع الضوء نحو الخط القياسي normal عندما يتباطأ و ينحرف بعيداً عن الخط القياسي عندما يتسارع .



الخط القياسي normal هو خطٌ وهمي يكون مُتعامداً مع السطح الذي يفصل الوسطين الشفافين عن بعضهما البعض مثل الماء و الهواء.
متى يتسارع الضوء و متى يتباطأ؟
عندما ينتقل الضوء من الهواء إلى الماء مثلاً فإنه يتباطأ و عندما يحدث العكس فإنه يتسارع.
عندما يجتاز الضوء الخط الوهمي الفاصل ما بين الهواء و سطح الماء فإن سرعته تتباطأ و ينحني نحو الخط القياسي normal .
و عندما يغادر الضوء الماء مجدداً نحو الهواء فإنه يتسارع و ينحرف ثانيةً و لكن بعكس اتجاه الخط القياسي .

إذاً لدينا الخط الأفقي الوهمي الذي يفصل بين الوسطين (الهواء و الماء مثلاً) و هذا الخط الأفقي يتطابق تماماً مع سطح الماء .
لدينا الخط القياسي normal و هو خطٌ وهمي يتعامد بزاوية قائمة $90°$ درجة طبعاً مع الخط الأفقي الوهمي الذي يُمثل التقاء الوسطين(الماء و الهواء مثلاً).
يُمكن أن نتصور بان لدينا خطين قياسيين وهميين : خطٌ يتعامد مع سطح الماء العلوي و يتقاطع معه في النقطة ذاتها التي يسقط فيها الضوء إلى الماء.
خطٌ يتعامد مع السطح السفلي للماء عند النقطة ذاتها التي يُغادر فيها الضوء الماء.



الانعكاس الكُلي الداخلي total internal reflection

يحدث الانعكاس الكُلي الداخلي عندما تكون زاوية سقوط شعاع الضوء أكبر من الزاوية الحرجة Critical angle .

تعتمد تقنية الألياف الضوئية optical fibers في نقلها للبيانات على خاصية الانعكاس الكلي الداخلي لإرسال نبضات الضوء التي تحمل البيانات الرقمية و ذلك عن طريق توجيه أشعة الليزر بزاويةٍ منخفضة و بذلك يُجبر شعاع الليزر على الوصول إلى آخر سلك الألياف البصرية.

الانعكاس الكلي الداخلي Total internal reflection

يمكن أن يحدث الانعكاس الكلي الداخلي فقط عندما ينتقل الضوء من وسط أكثر كثافة إلى وسط أدنى كثافةً، أي من الوسط ذو معامل انكسار أعلى إلى وسطٍ ذو معامل انكسار أدنى، و على سبيل المثال يحدث الانعكاس الداخلي الكلي عندما ينتقل الضوء من الزجاج إلى الهواء أو من الماء إلى الهواء، ولكن ليس عند انتقال الضوء من الهواء إلى الزجاج أو من الهواء إلى الماء.

الزاوية الحرجة critical angle

تحدث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي عندما تكون زاوية سقوط الضوء أي الزاوية ما بين شُعاع الضوء الساقط و الخط القياسي normal أكبر من زاويةٍ محددة تُدعى بالزاوية الحرجة.

يختلف قياس الزاوية الحرجة من و سطٍ لآخر فالزاوية الحرجة بالنسبة للضوء الذي ينتقل من الماء إلى الهواء تبلغ 49° درجة ، فإذا سقط شعاع الضوء على سطح الماء بزاوية يقل قياسها

عن °49 درجة (الزاوية ما بين شُعاع الضوء و الخط القياسي) عندها فإن مُعظم أشعة الضوء ذاك سوف تعبر خلال الماء (مع أن القليل منها سوف ينعكس) .
أما إذا كانت الزاوية ما بين شُعاع الضوء الذي يسقط على سطح الماء و الخط القياسي أكبر من °49 درجة فإن جميع ذلك الضوء سوف ينعكس من على سطح الماء و لن يعبر في الماء.
تجعل ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي سطح الماء الداخلي يعمل كمرآة تؤدي إلى ظهور صورة واحدة أو صورتين مُنعكستين للجسم ذاته الذي يسبح تحت الماء.





critical angleالزاوية الحرجةθ_c هي أقل زاوية ورود أو سقوطٌ لشعاع الضوء يحدث عندها انعكاس كليُ للضوء.

يتم قياس زاوية سقوط الضوء ما بين السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين و بين الخط القياسي normal المتعامد مع ذلك السطح.

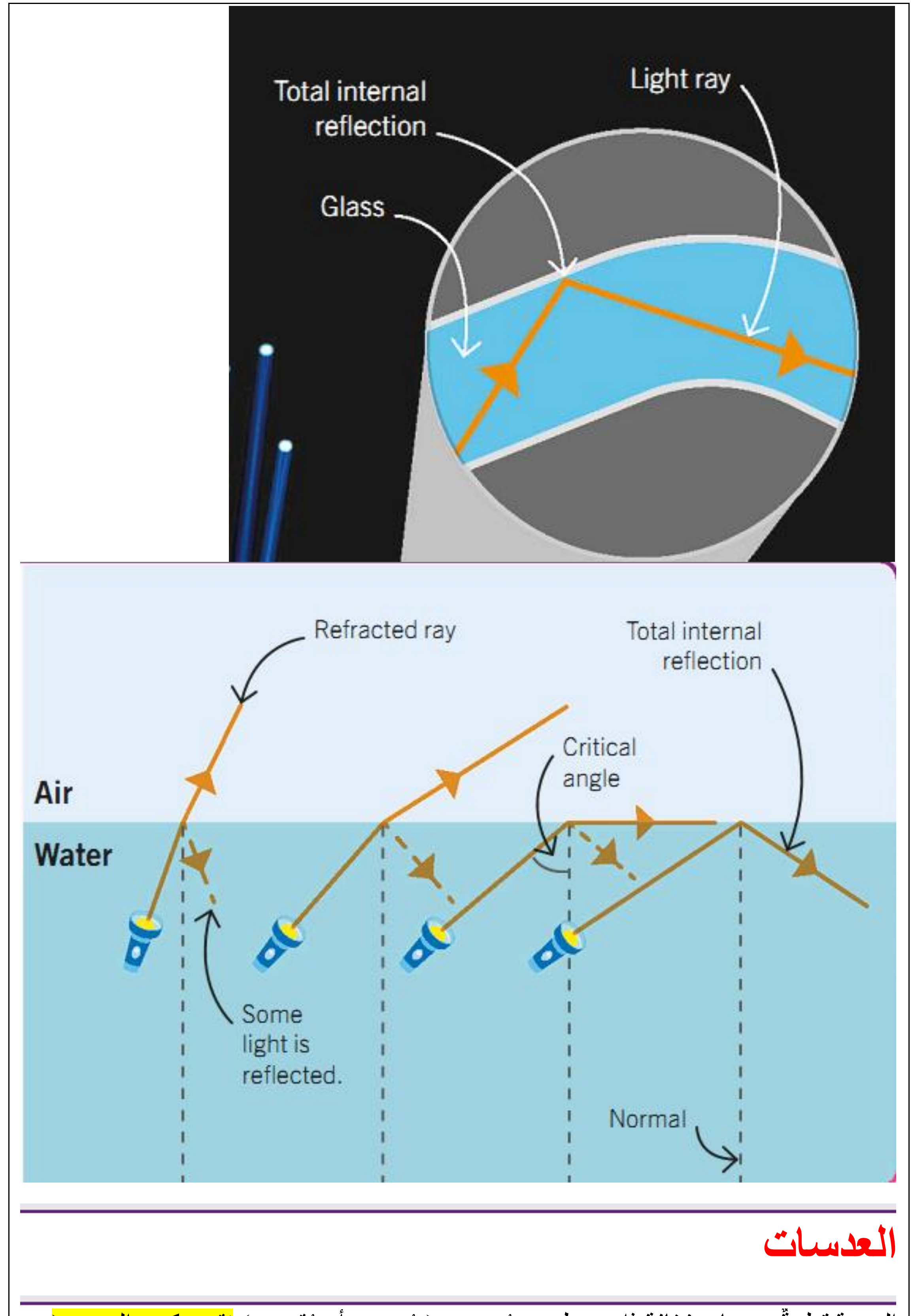
تحسب الزاوية الحرجة θ_c و فق المعادلة التالية :

$$\theta_c=\sin=\frac{n2}{n1}$$

refractive index

n_2 عامل الانكسار للوسط الأعلى كثافةً ضوئية.

n_2 عامل الانكسار للوسط الأدنى كثافة ضوئية.



العدسات

العدسة قطعةٌ من مادةٍ شفافة ذات سطحين مُنحنيين (مُحدبين أو مُقعرين) تقوم بكسر الضوء (
انتبه تقوم بكسر الضوء و ليس عكسه) .
تعتمد العدسات في عملها على مبدأ انكسار الضوء أي أن العدسة تجعل الضوء ينكسر .

العدسات المُجمعة المُحدبة converging (convex) lenses و هي عدساتٌ تجعل شُعاع الضوء يتجمع في بؤرة أو نقطةٍ واحدة.
تحتوي العين على عدسةٍ من مادةٍ هلامية (الجسم البلوري) و تقوم العين بضبط الرؤية عن طريق تغيير شكل تلك العدسة.
تعمل كلٌ من العين و كاميرة البينهول أو كاميرة الثقب pinhole cameraعلى المبدأ ذاته فالعين مثل كاميرة البين هول تقوم بتركيز صورةٍ مقلوبة في قعرها (حيث شبكية العين) يقوم الدماغ لاحقاً بقلب تلك الصورة حتى نحصل على صورةٍ صحيحة .

يُعرف انكسار الضوء refraction بأنه تغيرٌ في اتجاه الموجة الضوئية يحدث نتيجة تباطؤ تلك الموجة أو تسارعها ، و يحدث ذلك التباطؤ أو التسارع نتيجة مرور الموجة الضوئية في وسطين متباينين كأن ينتقل الضوء مثلاً من الهواء إلى الماء أو من الهواء إلى الزجاج، و على سبيل المثال فإن الماء يتسبب في تبطئة الموجات الضوئية و عندما تتباطأ سرعة الموجة الضوئية فإنها تنحني باتجاه الخط القياسي normal و هو الخط الوهمي الذي يتعامد مع الخط الوهمي الذي يُمثل سطح الماء أو أي سطح وسطٍ آخر يدخله الضوء(و بالطبع فإن التعامد يحدث بزاويةٍ قائمة 90° درجة) في النقطة التي يسقط فيها الضوء على سطح الماء أو سطح أي وسطٍ شفافٍ آخر.
و عندما تتسارع الموجة الضوئية فإنها تنحني بعيداً عن الخط القياسي.
يبقى تردد الموجة الضوئية كما هو بعد انكسارها أي ان تردد الموجة الضوئية لا يتغير بعد تعرضها للانكسار refraction .
لا يتغير تردد الموجة بعد انكسارها غير أن الذي يتغير هو طول الموجة wavelength λ و سرعتها.
زاوية الورود أو زاوية سقوط أشعة الضوء angel of of incidence هي الزاوية المحصورة ما بين شُعاع الضوء الساقط و الخط القياسي.
زاوية الانكسار angel of refraction هي الزاوية المحصورة ما بين شُعاع الضوء بعد انكساره (شُعاع الضوء المُنكسر) و الخط القياسي.
تكون زاوية السُقوط في الوسط الأول الذي يمر فيه الضوء قبل انكساره أما زاوية الانكسار فتكون في الوسط الثاني الذي تعرض فيه الضوء للانكسار.
بعد انكسار الموجة الضوئية يقصر طولها λ.



لماذا ينكسر الضوء عندما تتغير سرعة الموجة الضوئية؟
تخيل كتيبةً من المشاة يتحرك أفرادها إلى جوار بعضهم البعض بمشية عسكرية تنتقل من أرض صلبة مستوية إلى أرضٍ طينية أو العكس و أنها تدخل إلى تلك الأرض بزاوية مائلة كما يتساقط الضوء بزاويةٍ مائلة على الوسط الذي ينكسر فيه .
الذي سوف يحدث هنا أن الجنود عند الطرف الأكثر بعداً عن الأرض الطينية و الذين لم يصلوا بعد إلى تلك الأرض الطينية سوف يواصلون سيرهم بسرعةٍ اعتيادية إلى أن يصلوا إلى الأرض الطينية، أما الجنود الموجودين في الزاوية الأخرى فإنهم سوف يصلون أولاً إلى الأرض الطينية و سيكونون مُجبرين على خفض سرعتهم و هذا الأمر سوف يؤدي حتماً إلى تغيير اتجاه و زاوية

الحركة ، و الأمر ذاته (أي انحرف الاتجاه) سوف يحدث و لكن باتجاهٍ آخر لو انتقل الجنود من أرضٍ طينية إلى أرضٍ صلبة مستوية يُمكن التحرك فيها بسرعة اعتيادية.
و هذا الأمر يحدث كذلك لو أن عجلتي السيارة المُتقابلتين لم تتحركا بالسرعة ذاتها حيث أن ذلك سوف يؤدي حتماً إلى تغير اتجاه تلك السيارة لأن إحدى العجلتين سوف تسبق الأخرى.
و كذلك فإن المركبات المُجنزرة كالدبابات تُغير اتجاهها عن طريق إحداث فرقٍ في السرعة ما بين سلسلتيها أو عن طريق إيقاف إحداهما عن الحركة بشكلٍ كُلي .
كلما ازداد الفرق في السرعة بين العجلتين المتقابلتين أو بين سلسلتي الدبابة ازدادت زاوية الالتفاف حدةً .

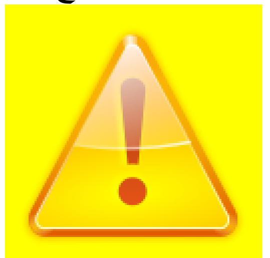


إذاً فإن حدوث انكسار الضوء يتطلب سقوط الضوء على الوسط الآخر بزاويةٍ قياسها أكبر من قياس الزاوية الحرجة.
يتحرك الضوء في الخواء بسرعةٍ عاليةٍ جداً تبلغ 300 000 000 m/s متر في الثانية أي 3×10^8 m/s متر ي الثانية أي 300 مليون متر في الثانية.
لاحظ كيف عبرنا عن الرقم 300 000 000 بالعدد ثلاثة مضروباً بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة الإيجابية الثامنة 3×10^8 .
رفعنا الرقم عشرة لقوة تماثل عدد الأصفار أو عدد الخانات الموجودة بعد أول عددٍ من الجهة اليسرى و هي ثمانية أصفار أو ثمانية خانات 00 000 000 ، و بما أن أول عددٍ في الجهة اليسرى لم يكن صفر ، أي أن هذا الرقم ليس رقماً عُشرياً فقد رفعنا الرقم 10 لقوةٍ موجبة.

ينتقل الضوء بسرعة متماثلة تقريباً في الهواء و الغازات و الخواء غير أن سرعته تتباطأ كثيراً عند مروره في الماء و الزجاج و المواد الشفافة الأُخرى .

إن مقدرة وسطٍ ما أو مادةٍ ما على تبطئة سرعة الضوء تُدعى بمعامل الانكسار refractive index .

معامل الانكسار refractive index
معامل الانكسار للمادة هو العامل الذي يتم من خلاله إبطاء سرعة الإشعاع الكهرومغناطيسي بالنسبة إلى الفراغ. عادة ما يتم إعطاؤه الرمز n.



ينتقل الضوء بسرعاتٍ مُختلفة في الأوساط و المواد المُختلفة و لذلك فإن لكل مادة معامل انكسار refractive index مُختلف و كُلما كان معامل انكسار المادة أكبر كانت مقدرتها على تقليل سرعة الضوء أكبر و بالتالي كانت مقدرة تلك المادة على كسر الضوء و حرف مساره أكبر.



إن معامل الانكسار هو نسبةٌ بين سرعتين أي أنه نسبةٌ بين قيمتين و ليس قيمةً بحد ذاتها و لذلك فليس له وحدة قياس، تماماً كأن نقول بأن لدينا مستطيل يبلغ عرضه 10 سنتمتر و يبلغ طوله 40 سنتمتر فما هي نسبة عرضه إلى طوله؟

إنها $\frac{1}{4}$ ، أي أنها نسبةٌ مجردة و لا يجوز أبداً أن أقول بأن النسبة بينهما هي $\frac{1}{4}$ سنتمتر أو أي وحدة قياسٍ أخرى أياً تكن.

حساب معامل الانكسار n

$$\text{معامل انكسار مادةٍ ما} = \frac{\text{سرعة الضوء في الخواء}}{\text{سرعة الضوء في تلك المادة}}$$

$$\text{Refractive index} = \frac{\textit{speed of light in vacum}}{\textit{speed of light in the material}}$$

معامل انكسار الهواء n :

سرعة الضوء في الهواء تساوي 2.997×10^{8}

$2.997\times10^{8} = 299\ 700\ 000$

كيف أعبر عن الرقم 2.99 700 000 على شكل قوة؟

أعد الخانات بعد أول عددٍ من الجهة اليسرى أي بعد العدد 2 فأجد بأن لدي ثمانية خانات 99 700 000 و لذلك فإنني أرفع الرقم عشرة للقوة الإيجابية الثامنة 10^{8} و قد قمت برفع الرقم عشرة إلى قوةٍ إيجابية لأن آخر خانةٍ من الجهة اليُسرى يشغلها عددٌ غير الصفر و هو العدد 2 و هذا يعني بأن الرقم 2.99 700 000 ليس رقماً عشرياً .

الآن أضرب جميع الأعداد غير الصفرية أي الأعداد 2.997 بعشرة مرفوعة للقوة الثامنة.
2.997×10^{8}
نعود لموضوعنا و هو حساب معامل انكسار الهواء :
أقوم بقسمة سرعة الضوء في الخواء و هي تُساوي 000 000 300 أي 3×10^{8} على سرعة الضوء في الهواء و هي تُساوي 000 700 299 فأحصل على معامل انكسار الهواء و هو يُساوي تقريباً 1.002 .

حساب معامل حساب الأكرليك Acrylic
تبلغ سرعة الضوء في الأكرليك 2×10^{8} أي 000 000 2.00 .
التعبير عن الرقم 000 000 200 على شكل قوة.
بما أن أول خانة في الجهة اليسرى عددٌ غير الصفر و هو العدد 2 فإنني أبدأ العد بعد أول عدد أي بعد العدد 2 فأجد بأن لدي 8 خانات 000 000 00 أي 8 أعداد و لذلك فإنني أرفع الرقم عشرة للقوة الثامنة.
و بما أن الخانة اليسرى الأولى يشغلها عددٌ غير الصفر هو العدد 2 بالطبع فذلك يعني بأن هذا الرقم ليس رقماً عُشرياً و لذلك فإنني أرفع الرقم 10 لقوةٍ موجبة هي بالطبع القوة الثامنة و أضرب به الأعداد غير الصفرية في الرقم 000 000 200 و بالطبع ليس لدي في هذا الرقم إلا العدد 2 غير صفري.

حساب معامل انكسار الأكريليك:
يساوي معامل انكسار الأكريليك سرعة الضوء في الخواء أي 000 000 300 أي 3×10^{8} تقسيم سُرعة الضوء في الأكريليك أي 2×10^{8} أي 000 000 200 و ناتج القسمة يساوي 1.5 .

حساب معامل انكسار الزُجاج
سرعة الضوء في الخواء 000 000 300 أي 3×10^{8} تقسيم سُرعة الضوء في الزُجاج و هي تُساوي تقريباً 1.8×10^{8} تساوي 1.7 هي معامل انكسار الزجاج.
تتراوح سرعة الضوء في الزجاج ما بين 1.8×10^{8} و 2.0×10^{8}.

1.8×10^{8}=1.80 000 000
للتعبير عن الرقم 000 000 180 على شكل قوة :
بما أن أول خانة في الجهة اليسرى عددٌ غير الصفر و هو العدد 1 فإنني أبدأ العد بعد أول عدد أي بعد العدد 1 فأجد بأن لدي 8 خانات 000 000 80 أي 8 أعداد و لذلك فإنني أرفع الرقم عشرة للقوة الثامنة.
و بما أن الخانة اليسرى الأولى يشغلها عددٌ غير الصفر هو العدد 1 بالطبع فذلك يعني بأن هذا الرقم ليس رقماً عُشرياً و لذلك فإنني أرفع الرقم 10 لقوةٍ موجبة هي بالطبع القوة الثامنة و أضرب به الأعداد غير الصفرية في الرقم 000 000 1.80و بالطبع ليس لدي في هذا الرقم إلا العددين1.8غير صفريين .



انتبه جيداً للنقطة الموجودة بعد أول عدد 1.8حيث أنني أبدأ العد من بعدها .
إذا أهملت إدخال النقطة بعد العدد الأول فسأحصل على نتيجةٍ خاطئة لأن أساس الرقم 1.80 000 000 هو 1.8 و ليس 18 و هذا الأمر ينطبق على جميع الأرقام العشرية التي تحوي نقطةً عشرية.

بعد تحويل أي رقمٍ إلى قوةٍ عشرية نتأكد من صحة عملية التحويل عن طريق تنفيذ تلك الصيغة العشرية أي عن طريق القيام بتنفيذ عملية الضرب في تلك الصيغة العُشرية.

حساب معامل انكسار الماس

تبلغ سُرعة الضوء في الماس 1.25×10^8 .
يُساوي معامل الانكسار في الماس سرعة الضوء أي 3×10^8 تقسيم سُرعة الضوء في الماس أي 1.25×10^8 و هي تساوي 2.4 و هو معامل انكسار الضوء في الماس.
1.25×10^8=1.25 000 000
نعد الخانات بعد النقطة (بعد العدد الأول من الجهة اليسرى إن كان غير الصفر) فنجد بأنها ثمانية خانات 25 000 000.
نرفع الرقم عشرة لقوةٍ موجبة لأن آخر خانة من الجهة اليسرى يشغلها عددٌ غير الصفر و بالطبع العدد 1.
نرفع الرقم عشرة للقوة الثامنة لأن لدينا 8 خانات بعد النقطة (بعد العدد الأول من الجهة اليسرى).
نضرب الرقم عشرة بالأعداد غير الصفرية الموجودة في الرقم السابق أي الأعداد 1.25
1.25×10^8
ننتبه دائماً للنقطة العشرية . إذا كانت موجودة بعد العدد الأول لأننا إن لم نقم بإدخالها إلى الآلة الحاسبة فسوف نحصل على نتيجة خاطئة :
1.25×10^8=125 000 000 نتيجة صحيحة لأننا قمنا بمراعاة النقطة العشرية و قمنا بإدخالها غلى الآلة الحاسبة.
125×10^8=12 500 000 000 نتيجة خاطئة لأننا لم نقم بمراعاة النقطة العشرية .

معامل انكسار الماء – معامل انكسار الضوء في الماء

سرعة الضوء في الماء 2.3×10^8
معامل انكسار الضوء في الماء يُساوي سرعة الضوء في الخواء أي 3×10^8 تقسيم سرعة الضوء في الماء أي 2.3×10^8
$n=3\times10^8/2.3\times10^8=1.3$

$2.3\times10^8=230\ 000\ 000$

230 000 000

بما أن أول خانة في الجهة اليسرى غير صفرية أي يشغلها عددٌ آخر غير الصفر و هو العدد 2 فإن ذلك يعني بأن هذا الرقم أكبر من العدد واحد 1 و لذلك فإنني أرفع الرقم عشرة لقوةٍ موجبة.
بما أن لدي 8 خانات بعد العدد الأول الأيسر و هي 30 000 000 فإنني أرفع العدد عشرة للقوة الموجبة الثامنة 10^8 ثم أضرب الأعداد غير الصفرية الموجودة في الرقم السابق أي 2.3 بالرقم عشرة المرفوع لقوة الموجبة الثامنة :

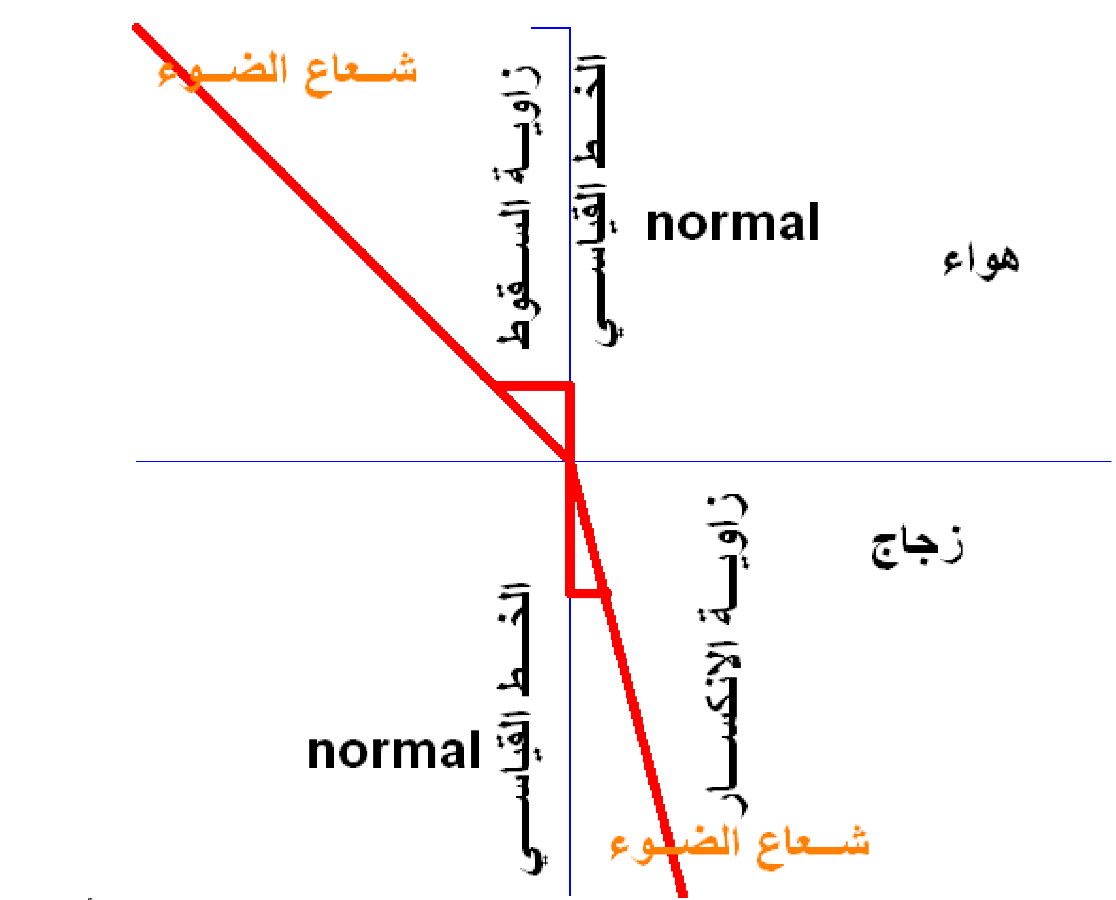
2.3×10^8

$$n=3\times10^8\ m/s\ /\ 2.3\times10^8\ m/s=1.3$$

$$n=3\times10^8\ m/s\ \div\ 2.3\times10^8\ m/s=1.3$$

قانون سنيل في انكسار الضوء Snell law

عندما ينتقل الضوء من الهواء إلى وسطٍ ذو معامل انكسار refractive index أعلى كالزجاج أو الماء فإن أشعة الضوء عندها تنحني نحو الخط القياسي normal و بالنتيجة فإن زاوية الانكسار تكون أصغر من زاوية السقوط.



إن قانون سنيل يُبين لنا العلاقة ما بين معامل الانكسار (قرينة الانكسار) و زاوية سقوط شُعاع الضوء و زاوية انكسار الضوء :

$$n_1 \times \sin_i = n_2 \times \sin_r$$

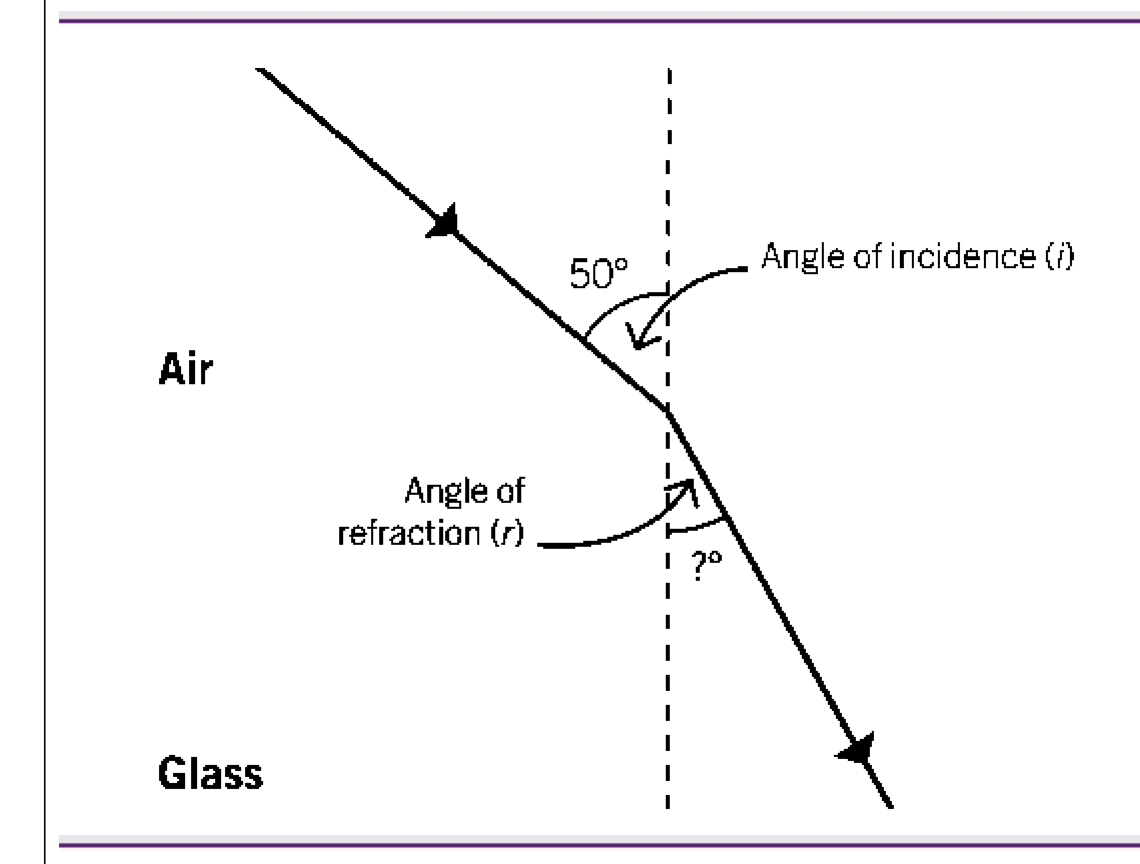
معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء $\sin_i$ يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية الانكسار $\sin_r$.

$$n_1 \times \sin_i = n_2 \times \sin_r$$

i=incidence= ورود الضوء –سقوط الضوء

r=refraction =انكسار (الضوء)

n=معامل الانكسار



يسقط شعاعٌ ضوئي على وسطٍ زجاجي بزاوية سقوطٍ تبلغ 75° درجة فإذا كان معامل انكسار الهواء يبلغ 1 و إذا كان معامل انكسار الزجاج 1.6 فكم تبلغ زاوية الانكسار؟

لحل هذه المسألة فإننا نستخدم مُعادلة سنيل السابقة ذاتها :

$$n_1 \times \sin_i = n_2 \times \sin_r$$

معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء $\sin_i$ يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية الانكسار $\sin_r$.

غير أننا نُعيد ترتيب عناصر المعادلة السابقة بحيث يُصبح مطلوب المسألة و مجهولها أي زاوية انكسار الضوء هو مطلوب المعادلة و مجهولها.

$$n_1 \times \sin_i = n_2 \times \sin_r$$

كما ترون فإن لدينا في المعادلة السابقة عمليتي ضرب متساويتين تتألف كلً منهما من طرفين اثنين و كما مر معنا سابقاً فإنه إذا كانت لدينا عمليتي ضرب مُتساويتين تتألف إحداهما من طرفين اثنين أحدهما مجهول فإن بإمكاننا أن نقسم جميع عناصر أو أطراف عملية الضرب الأخرى المعلومة

على الطرف المعلوم من عملية الضرب الثانية n_2 المضروب بالطرف المجهول $n_1 \times \sin_i$ و أن نجعل من الطرف المجهول $\sin_r$ نتيجةً لعملية القسمة تلك و بذلك فإننا نتمكن من $\sin_r$ معرفة قيمة مجهول المعادلة و لذلك فإننا نحصل على عملية القسمة التالية :

$$\sin_r = \frac{n1 \times \sin i}{n2}$$

جيب زاوية الانكسار $\sin_r$ يُساوي معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء $\sin_i$ تقسيم معامل انكسار المادة الثانية n_2.

جيب زاوية الانكسار= (جيب زاوية سقوط الضوء×معامل انكسار الوسط الأول) / (معامل انكسار المادة الثانية)

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

جيب زاوية الانكسار= (جيب الزاوية 75°×1.1) / 1.6 = 0.6037036414

إذاً فإن جيب زاوية الانكسار $\sin_r$ يبلغ 0.6037036414

الآن يتبقى علينا أن نحسب قيمة زاوية الانكسار اعتماداً على جيب زاوية الانكسار $\sin_r$ الذي أصبح معلوماً بالنسبة لنا و ذلك باستخدام وظيفة الجيب المرفوع للقوة السلبية الأولى Sin^{-1} :

Sin^{-1} 0.6037036414 =37°

r=37°

إذاً فإن زاوية الانكسار تبلغ 37° درجة.

ملاحظات حول حل المسألة السابقة :

لحساب قيمة زاوية ما اعتماداً على قيمة جيب sin تلك الزاوية فإننا نستخدم وظيفة الجيب المرفوع إلى القوة السلبية الأولى Sin^{-1} .

لمعرفة قيمة زاوية اعتماداً على قيمة جيب تلك الزاوية sin فإننا نضغط في الآلة الحاسبة على زر حساب الجيب المرفوع للقوة السلبية الأولى Sin^{-1} ثم نُدخل قيمة جيب تلك الزاوية فنحصل على قيمة تلك الزاوية بالدرجة.

n معامل الانكسار

n_1 معامل انكسار المادة الأولى أو الوسط الأول الذي ينتقل عبره الضوء.

n_2 معامل انكسار المادة الثانية أو الوسط الثاني الذي ينتقل الضوء خلاله.

i زاوية الورود أي زاوية سقوط شُعاع الضوء.

r زاوية الانكسار أي زاوية انكسار الضوء.

للتحويل من جيب زاوية إلى قيمة تلك الزاوية نضغط في الآلة الحاسبة زر حساب جيب الزاوية المرفوع للقوة السلبية الأولى $\sin^{-1}$.

$\sin \neq \sin^{-1}$

يقوم زر الجيب المرفوع للقوة السلبية الأولى $\sin^{-1}$ بوظيفةٍ مُعاكسة لزر حساب جيب الزاوية Sin فزر حساب الجيب sin يحسب جيب الزاوية بينما يقوم زر حساب جيب الزاوية المرفوع للقوة السلبية الأولى $\sin^{-1}$ بحساب قيمة تلك الزاوية اعتماداً على جيب تلك الزاوية.

إن لم تعثر في الآلة الحاسبة الموجودة في الهاتف المحمول أو الكمبيوتر على زر حساب جيب الزاوية المرفوع للقوة السلبية الأولى $\sin^{-1}$ اضغط على زر التبديل من و إلى الدرجة الثانية 2nd⇆ حيث تظهر هذه الوظيفة المزيد من الأزرار لك.

الانعكاس الكلي الداخلي Total internal reflection

عندما ينتقل الضوء من وسطٍ ذو معامل انكسار عالي إلى وسطٍ ذو معامل انكسار مُنخفض Refractive index كأن ينتقل من الهواء إلى الماء فإن شعاع الضوء ينحني بعيداً عن الخط القياسي normal و إذا كانت زاوية سقوط شعاع الضوء أكبر من مقدارٍ معين فإن الضوء ينعكس نحو الداخل و ذلك وفق المعادلة التالية:

جيب الزاوية الحرجة sin c يساوي معامل انكسار الوسط الثاني (المادة الثانية) n_2 مقسوماً على معامل انكسار الوسط الأول (المادة الأولى) n_1 .

nمعامل الانكسار

إذاً يُمكننا من خلال قسمة معامل انكسار الوسطين أو المادتين التين يمر عبرهما الضوء أن نحسب جيب الزاوية الحرجة sin c .

الزاوية الحرجة critical angle

$$\text{Sin c}=\frac{n2}{n1}$$

$$\text{جيب الزاوية الحرجة}=\frac{\text{معامل انكسار الوسط الثاني}}{\text{معامل انكسار الوسط الأول}}$$

إذا كانت زاوية سقوط شُعاع الضوء أكبر من الزاوية الحرجة c فإن الضوء لا ينكسر و إنما فإنه ينعكس.

يُعزى بريق الماس المميز إلى معامل انكساره العالي من جهة كما يُعزى من جهةٍ أخرى إلى ضيق زاويته الحرجة و هو الأمر الذي يؤدي إلى إحداث الكثير من عمليات الانعكاس الداخلي من على أوجه الماسة قبل أن يتسرب الضوء من الماسة و يصل إلى أعيننا.

إذا كان معامل الانكسار في الماس يبلغ 2.4 فكم تبلغ الزاوية الحرجة في الماس؟

لحل هذه المسألة فإننا نستخدم مُعادلة حساب الزاوية الحرجة:

$$\text{Sin c}=\frac{n2}{n1}$$

$$\text{جيب الزاوية الحرجة}=\frac{\text{معامل انكسار الوسط الثاني}}{\text{معامل انكسار الوسط الأول}}$$

و بالطبع فإن الوسط الأول الذي ينتقل فيه الضوء هو الهواء أما الوسط الثاني فهو الماس:

$$\text{جيب الزاوية الحرجة}=\frac{\text{معامل انكسار الهواء}}{\text{معامل انكسار الماس}}$$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة لدينا:

$$\text{جيب الزاوية الحرجة}=\frac{1}{2.4}$$

$$\text{Sin c}=\frac{1}{2.4}$$

$$\frac{1}{2.4}=0.42$$

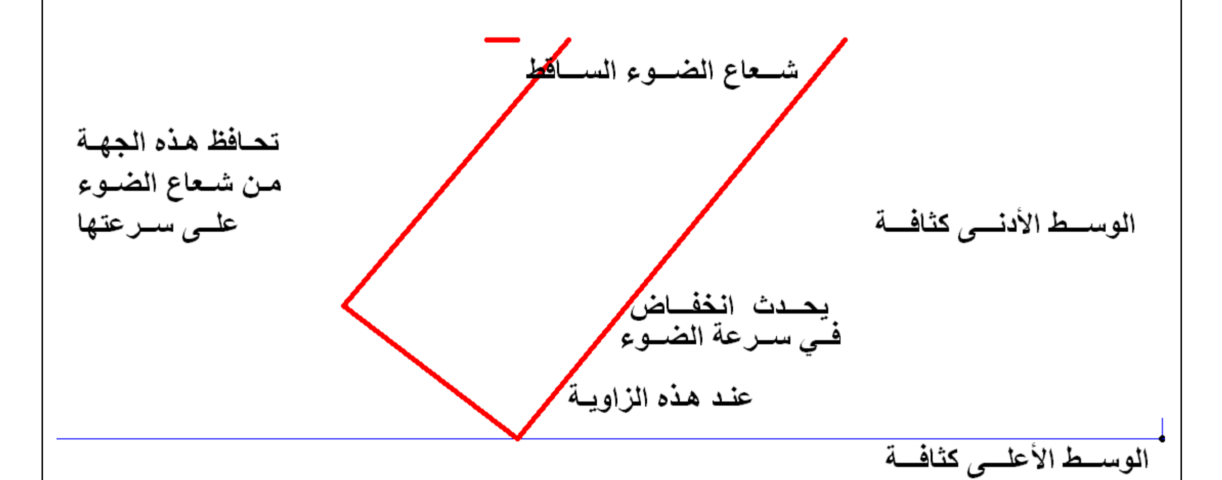
تحديداً 0.4166666667 هو جيب الزاوية الحرجة Sin c في الماس.

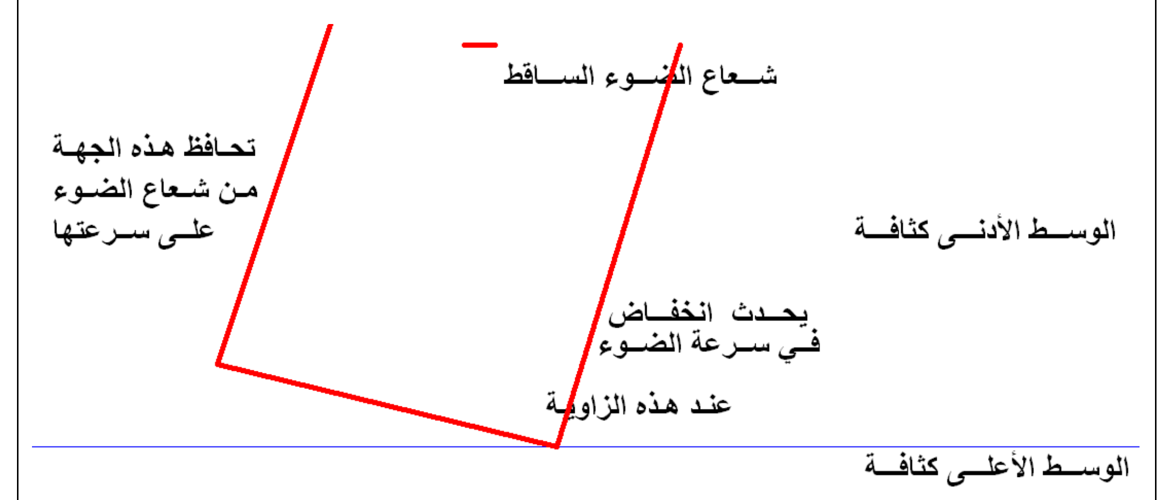
لحساب قيمة الزاوية الحرجة c (او أي زاوية مهما كانت) اعتماداً على جيب الزاوية الحرجة Sin c (أو جيب أي زاوية) فإننا نستخدم الوظيفة المُعاكسة لوظيفة حساب جيب الزاوية في الآلة الحاسبة و هي وظيفة حساب جيب الزاوية المرفوعة للقوة السلبية الأولى n^{-1} :

$$\text{Sin}^{-1}\ 0.42=25°$$

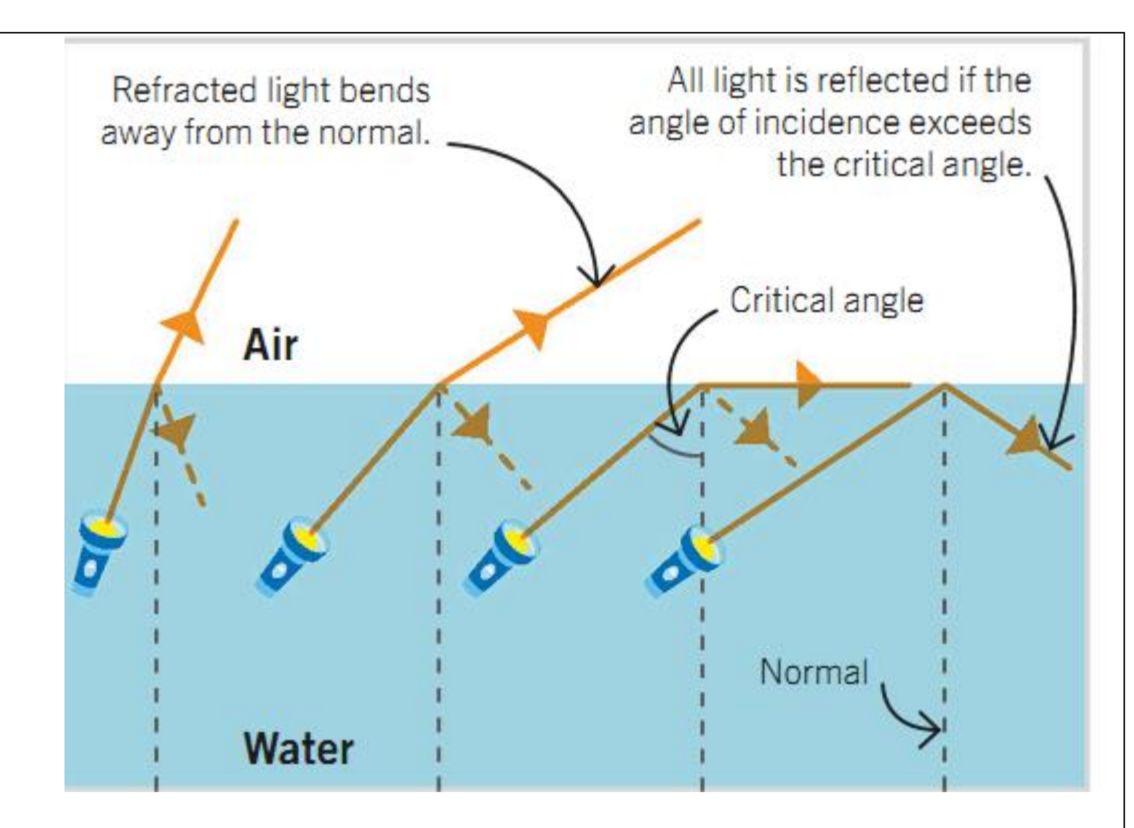
إذاً فإن قياس الزاوية الحرجة في الماس يبلغ 25° .

سبب انحراف شعاع الضوء عندما ينكسر بعد مروره بيت وسطين ذوي عاملي انكسارٍ مختلفين:





و الأمر ذاته يحدث عند انتقال الضوء من وسطٍ ذو كثافة ضوئية عالية إلى وسطٍ ذو كثافة ضوئية منخفضة حيث يتباطأ شعاع الضوء عند الجانب الذي ما زال يتحرك في الوسط الأعلى كثافةً بينما يتسارع الضوء عند جانبه الذي يصل إلى الوسط ذو الكثافة الضوئية الأدنى و بذلك يحدث انحرافٌ في مسار شعاع الضوء و تتغير زاوية حركته.



عندما تقرا هذه السطور فإن الضوء الذي يسقط على صفحات الكتاب ينعكس على عينيك ناقلاً إلى دماغك البيانات المتعلقة بالمناطق المظلمة و المناطق البيضاء في الصفحة.

عندما يكون جسمٌ ما أكثر بُعداً عن العدسة من نقطة تركيز العدسة فإن العدسة تنتج صورةً حقيقية لذلك الجسم أي صورةً مقلوبةً و مُصغرة.

الهندسة البصرية Geometric optics

تُقسم الأجسام من الناحية البصرية إلى نوعين من الأجسام و هما الأجسام التي تصدر الضوء و الأجسام التي تعكس الضوء.
الأجسام المضيئة هي الأجسام التي تصدر ضوءً مرئياً . إن الأجسام المضيئة هي مصادر الضوء التي تقوم بتحويل أشكال الطاقة المختلفة إلى طاقة ضوئية (الشمس مثلاً) أما الأجسام الغير مضيئة أي الأجسام العاكسة للضوء(كالقمر) فكل ما تقوم به يتمثل في انها تقوم بتغيير اتجاه الضوء الذي يسقط عليها من جسمٍ مضيئ .
يوصف جسمٌ ما بانه جسمٌ معتم إذا كان لا يسمح للضوء بأن يمر من خلاله و يوصف جسمٌ ما بأنه شفاف إذا كان يسمح للضوء بالمرور خلاله و إذا كان يمكن الرؤية من خلاله بوضوح (الزجاج).
أما الأجسام التي تمرر مقداراً من الضوء و لكن لا يمكن الرؤية من خلالها بوضوح كالزجاج المحجر أو الشمع فإنها توصف بأنها أجسامٌ شبه شفافة translucent.
غير ان هذه التصنيفات لا تنطبق دائماً على جميع حالات المادة و على سبيل المثال فإننا جميعاً نعتقد بأن الذهب مادة مُعتمة لا تمرر الضوء و لا يُمكن الرؤية من خلالها غير ان هذا لا ينطبق

على رقائق الذهب المتناهية الرقة فنوافذ طائرة الكونكورد الزجاجية مغطاةٌ بطبقة رقيقة من الذهب يُمكن الرؤية من خلالها.

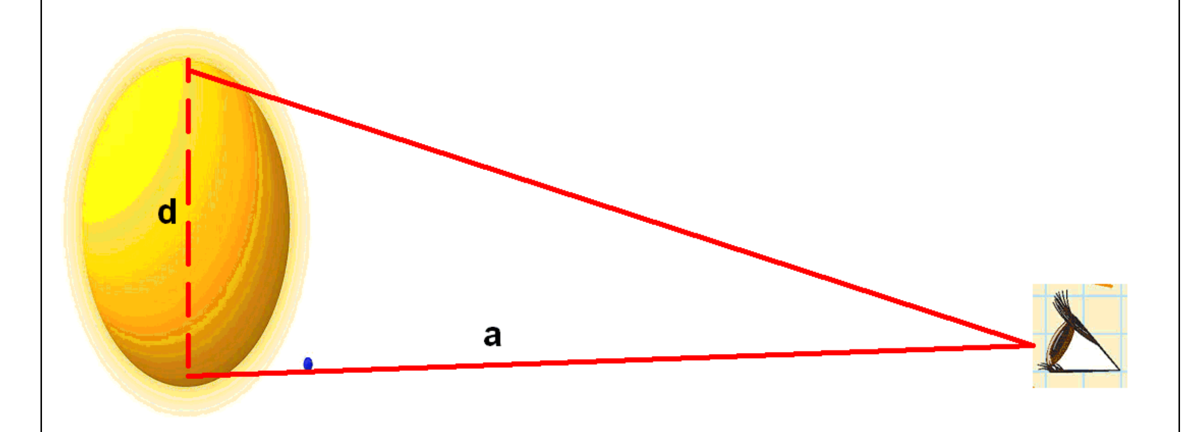
أصغر من < أكبر من
أصغر بكثير من ≪ أكبر بكثير من

تخيل بـأنك تنظر إلى مصباح L يبلغ قطره d من مسافة D .
المسافة D التي تنظر إلى المصباح منها أكبر بكثير ≫ من قطر المصباح d :
$d \ll D$
إن شعاعي الضوء الذين يصدران من أعلى و أسفل المصباح يصلان إلى نقطتين مختلفتين من شبكية العين فينتجان بذلك إحساساً بالحجم الزاوي الظاهري α حيث α هي الزاوية المتشكلة ما بين الخطين الأعلى و الأسفل التي تنقل صورة المصباح إلى العين و التي يبلغ ظلها tangent :

$$\alpha \approx \frac{d}{D}$$

$$\alpha \approx \frac{\text{قطر الجسم}}{\text{المسافة}}$$

≈تساوي تقريباً



الحجم الزاوي Angular size

الحجم الزاوي هو قياس لمدى كبر أو صغر شيء ما باستخدام القياس الدوراني (درجات القوس، ودقائق القوس، وثواني القوس). إنه مفيد لقياس الأشياء البعيدة جدًا بحيث تبدو ثنائية الأبعاد.

الحجم الزاوي الظاهر للجسم Apparent angular size of a body

كلما ابتعدنا عن الجسم المرئي (و هو هنا مصدر الضوء) فإن المسافة D تزداد (المسافة بين المشاهد و الجسم) بينما تنخفض النسبة $\frac{d}{D}$ أي $\frac{\text{قطر الجسم}}{\text{المسافة}}$ و كذلك تنخفض الزاوية α إلى درجةٍ تفقد فيها العين مقدرتها على التمييز ما بين أعلى الجسم و أدناه و لذلك فإن الضوء يبدو عندها للعين و كأنه يصدر من نقطةٍ واحدة حجمها الظاهري α يساوي الصفر (كما نرى النجوم في السماء).

تتم معاملة جسمٍ مُضيءٍ ما كنقطة عندما يكون حجمه الزاوي الظاهري Apparent angular size قريباً من الصفر ، أي إذا كان حجم ذلك الجسم ضئيلاً ً جداً بالنسبة إلى المسافة التي نراه منها، و بالطبع فإننا نرى النجوم كنقاطٍ مضيئة بالرغم من ضخامة حجمها لأن بعدها عنا أكبر بكثيرِ من حجمها.

تتم معاملة مصدر الضوء(الجسم المضيء) كنقطة ضوء أو نقطة مصدرة للضوء عندما يكون حجم ذلك الجسم الزاوي الظاهري قريباً جداً من الصفر (أي عندما يكون قياس زاويته منخفضٌ جداً) أي عندما يكون حجم ذلك الجسم ضئيلاً ً جداً بالمقارنة مع بعد ذلك الجسم عن المشاهد.

مثال: النجوم.

يُمكن للعين البشرية ان تميز بين نقطتين اثنتين تتوضعان بالنسبة إلى بعضهما البعض بزاويةٍ يبلغ مقدارها دقيقة واحدة 1' حيث أن 60 دقيقة 60' تساوي درجةً واحدة 1° .

60'=1°

و إذا كان الحجم الزاوي angular size لجسمٍ ما أقل من دقيقة واحدة 1' فإن العين تدرك ذلك الجسم كنقطةٍ واحدة عديمة المعالم و الأبعاد.

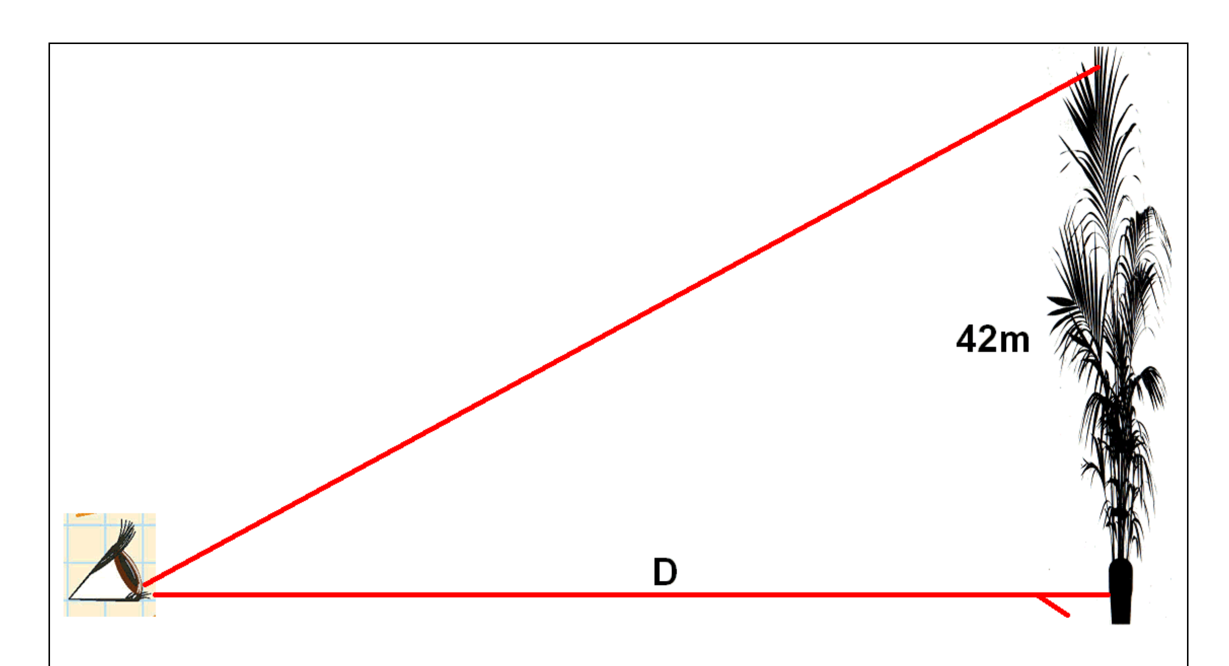
دقيقة واحدة 1' تساوي جزء واحد من 600 جزء من عشر درجات 10° أي واحد على 60' من درجة واحدة 1° بما أن كل درجة واحدة تساوي 60' دقيقة.

الدقيقة ' وحدة قياسٍ للزوايا تساوي 1 على 60 جزء من الدرجة و بدورها فإن الدقيقة تقسم إلى 60 ثانية .

ما هي العلاقة ما بين الدقائق و الثواني و قياس الدرجات؟

الساعة تكون عبارة عن دائرة مقسمة إلى دقائق و ثواني ،و في عالم الجراحة يشار إلى الاتجاهات باستخدام أرقام ساعة العقارب فالرقم 12 مثلاً ً يشير إلى جزءٍ علوي تماماً 90° و يشار بالعدد 3 (الساعة الثالثة) إلى جزءٍ يقع في الجهة اليمنى تماماً 90°و يشار بالساعة السادسة 6 إلى جزءٍ سفلي تماماً 90°و يشار بالساعة التاسعة إلى شيءٍ يقع في الجهة اليمنى تماماً 90° بينما تستخدم بقية الأوقات في الإشارة إلى الأشياء المائلة .

و على سبيل المثال فإن الذقن بالنسبة للوجه يقع عند الساعة السادسة بينما تقع على الجبهة عند الساعة الثانية عشرة .



شجرة يبلغ ارتفاعها 42m متر ينظر إليها شخص من مسافة D .
احسب الحجم الزاوي Angular size لتلك الشجرة إذا كانت تلك الشجرة تبعد عن الشخص الذي ينظر إليها بمسافة 200m متر.

ظل الحجم الزاوي α يساوي ارتفاع الجسم المرئي h مقسوماً على بعد ذلك الجسم عن المشاهد D .

$$\tan \alpha=\frac{h}{D}$$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$$\tan \alpha=\frac{42}{200}=0.21$$

أي ان ظل الحجم الزاوي يساوي 0.21 .
الآن لتحويل ظل الزاوية إلى قياس الزاوية بالدرجة فإننا نستخدم الوظيفة المعاكسة لوظيفة الظل أي الظل المرفوع للقوة السلبية الأولى $\tan^{-1}$:

$$\text{Tan}^{-1}(0.21)\approx 12°$$

أي ان الحجم الزاوي لتلك الشجرة يبلغ 12° درجة و هو الطلب الأول.
الطلب الثاني:
إذا كان الحجم الظاهري apparent size لتلك الشجرة يبلغ 48° درجة فكم يبلغ بعد المشاهد عن الشجرة؟
كما علمنا سابقاً فإن ظل الحجم الزاوي يساوي ارتفاع الجسم المرئي مقسوماً على بعد ذلك الجسم عن المشاهد:

ظل الحجم الزاوي α يساوي ارتفاع الجسم المرئي h مقسوماً على بعد ذلك الجسم عن المشاهد D .

$$\tan \alpha=\frac{h}{D}$$

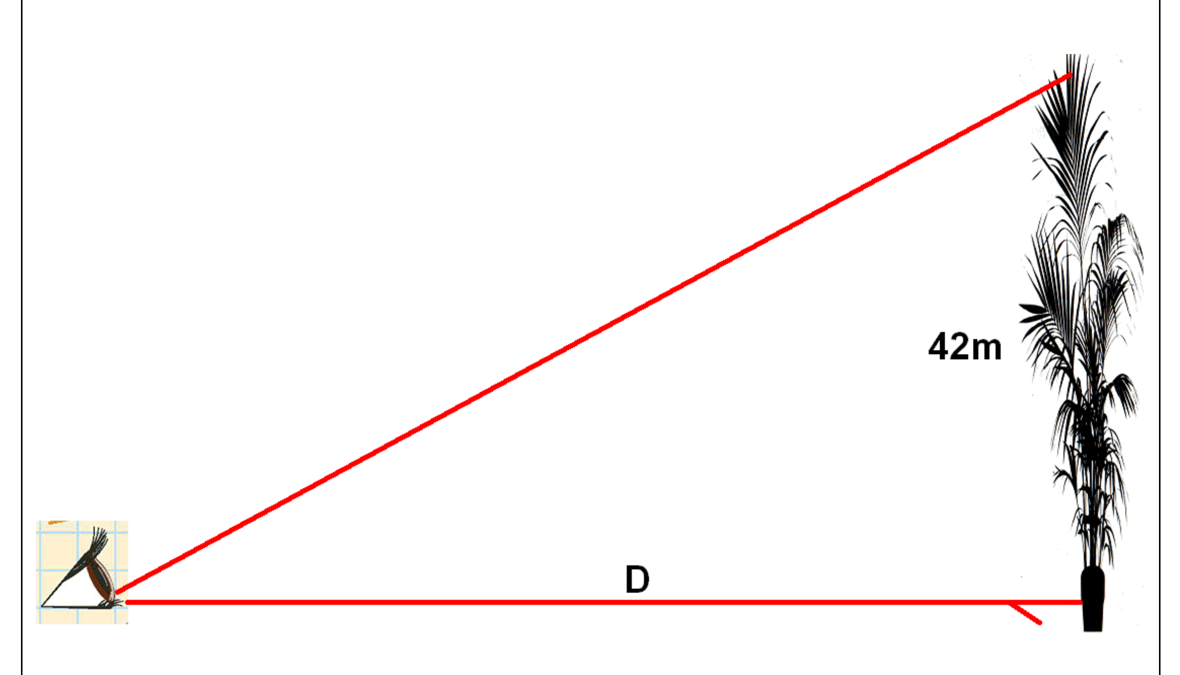
الآن إذا كان المطلوب منا حساب بعد المشاهد عن الشجرة أي المسافة D فإن علينا ان نعيد ترتيب العلاقة السابقة بحيث يُصبح مجهولها أي المسافة D بين المشاهد و الشجرة هو مطلوبها فنقول بأن المسافة بين الجسم المرئي و المشاهد D تساوي ارتفاع الجسم المرئي (ارتفاع الشجرةh) مقسوماً على ظل الحجم الزاوي tan α

$$D=\frac{h}{\tan \alpha}$$

بعد أن كانت العلا قة على الصورة التالية :

ظل الحجم الزاوي α يساوي ارتفاع الجسم المرئي h مقسوماً على بعد ذلك الجسم عن المشاهد D .

$$\tan \alpha=\frac{h}{D}$$



كيف فعلنا ذلك؟

$$A=\frac{B}{C}\rightarrow C=\frac{B}{A}$$

$20=\frac{100}{5} \rightarrow 5=\frac{100}{20}$

أي ان بإمكاننا أن نقلب العلاقة السابقة :

ظل الحجم الزاوي α يساوي ارتفاع الجسم المرئي h مقسوماً على بعد ذلك الجسم عن المشاهد D .

$\tan \alpha=\frac{h}{D}$

لتصبح تلك العلاقة على الصورة التالية:

$D=\frac{h}{\tan \alpha}$

المسافة بين المشاهد و الجسم المرئي = $\frac{\text{ارتفاع الجسم}}{\text{ظل الحجم الزاوي}}$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$D=\frac{42}{\tan 48°}=\frac{42}{1.11}=37.8m$

المسافة ما بين الجسم المرئي و المشاهد أي المسافة D مجهولة.

الحجم الظاهري للشجرة 48° درجة.

ارتفاع الشجرة 42m متر.

إذاً فإن بعد المشاهد عن الشجرة يبلغ 37.8 m متر .

الحجم الزاوي α أي الحجم الظاهري.

Tan α أي ظل الحجم الزاوي.

لماذا نستخدم النسب المثلثية و بالذات حساب الظل tan في مسائل البصريات؟

لأن لدينا في هذه المسألة مثلثٌ وهمي قائم الزاوية :

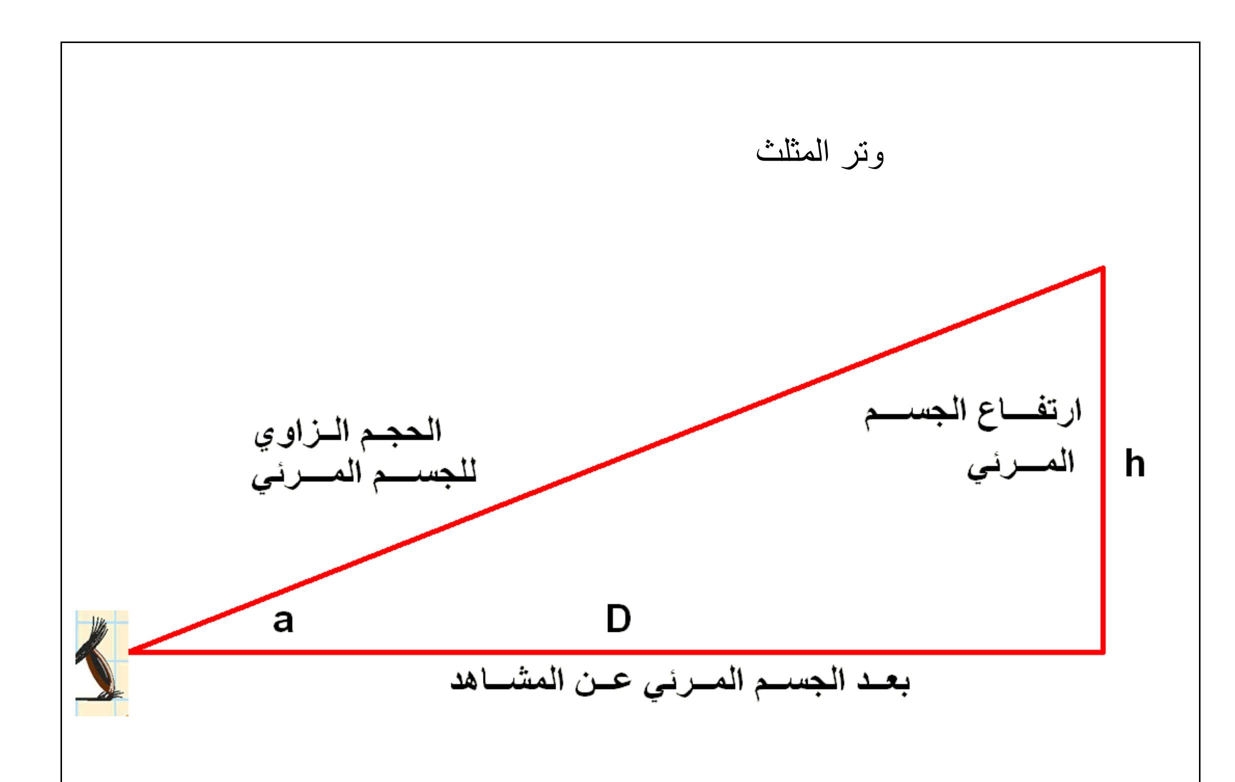
فلدينا البعد أو المسافة ما بين المشاهد و الجسم الذي تتم مشاهدته أي أن لدينا المسافة D و لدينا ارتفاع الجسم الذي تتم مشاهدته h و لدينا و تر و همي كذلك في المثلث .

وتر المثلث: الضلع المائل الوحيد في المثلث الثائم الزاوية كما أنه أطول ضلع في المثلث الثائم الزاوية.

α=apparent (angular) size

الزاوية α تمثل الحجم الزاوي و هي الزاوية المحصورة ما بين قاعدة المثلث و تره.

وتر المثلث



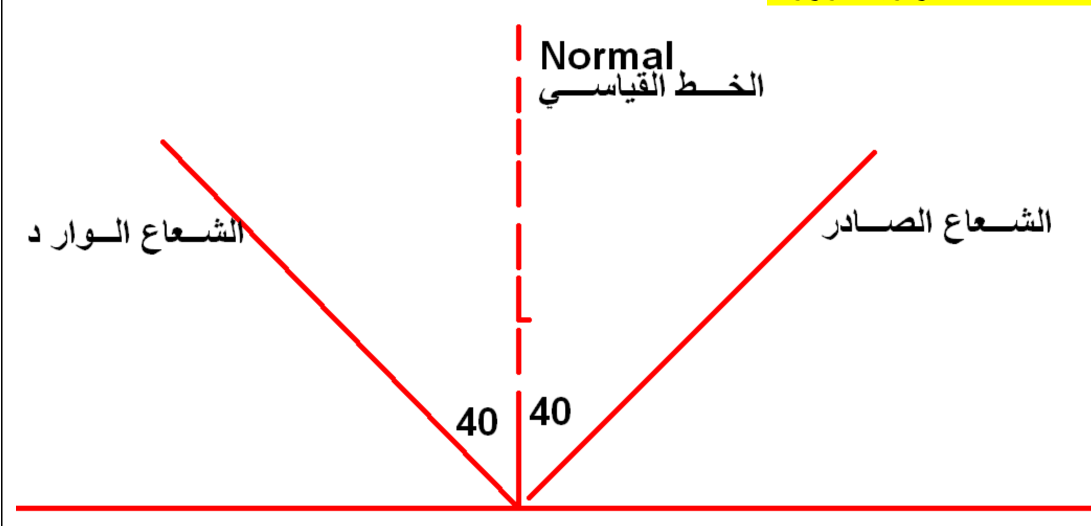
مسألة في الهندسة البصرية

لدينا شعاعٌ وارد(شعاعٌ ساقط) و هذا الشُعاع يُشكل زاوية مقدارها 40° درجة مع الخط القياسي Normal (الخط الوهمي الذي يتعامد مع سطح الانعكاس بزاوية 90°) .

احسب زاوية الانعكاس.

احسب الزاوية التي يشكلها الشعاع الوارد مع السطح العاكس إذا كانت الزاوية ما بين الشعاع الوارد و الشعاع المنعكس تبلغ 50° درجة و كم سوف يكون قياس زاوية الانعكاس؟

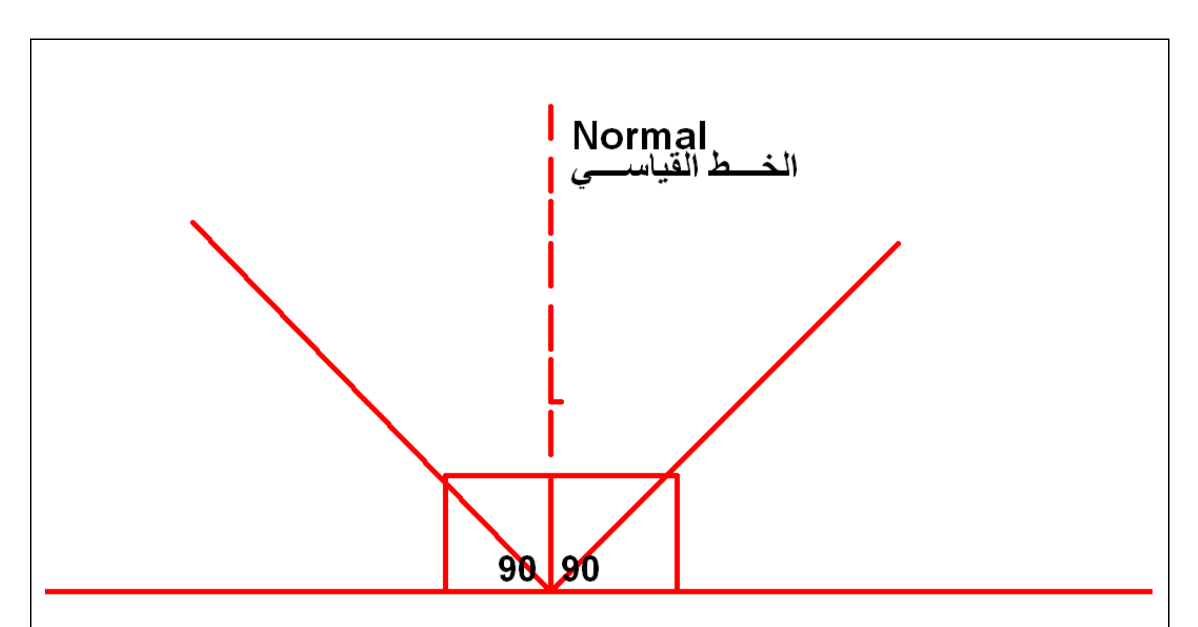
بما أن زاوية الورود تساوي دائماً زاوية ال فذلك يعني بأن زاوية الانعكاس تساوي كذلك 40° درجة مثلها مثل زاوية الورود.



الزاوية التي يُشكلها الشعاع مع السطح العاكس تساوي:

90°- 40°=50°

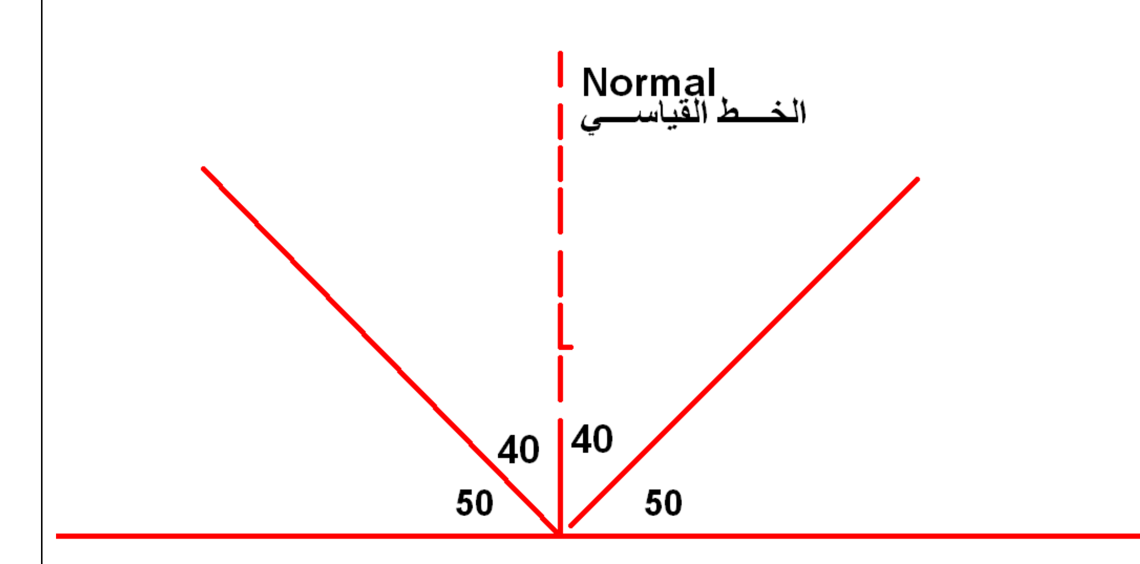
لدينا سطحٌ عاكس و خطٌ قياسي normalمتعامدٌ معه بزاوية قائمة تبلغ 90° .



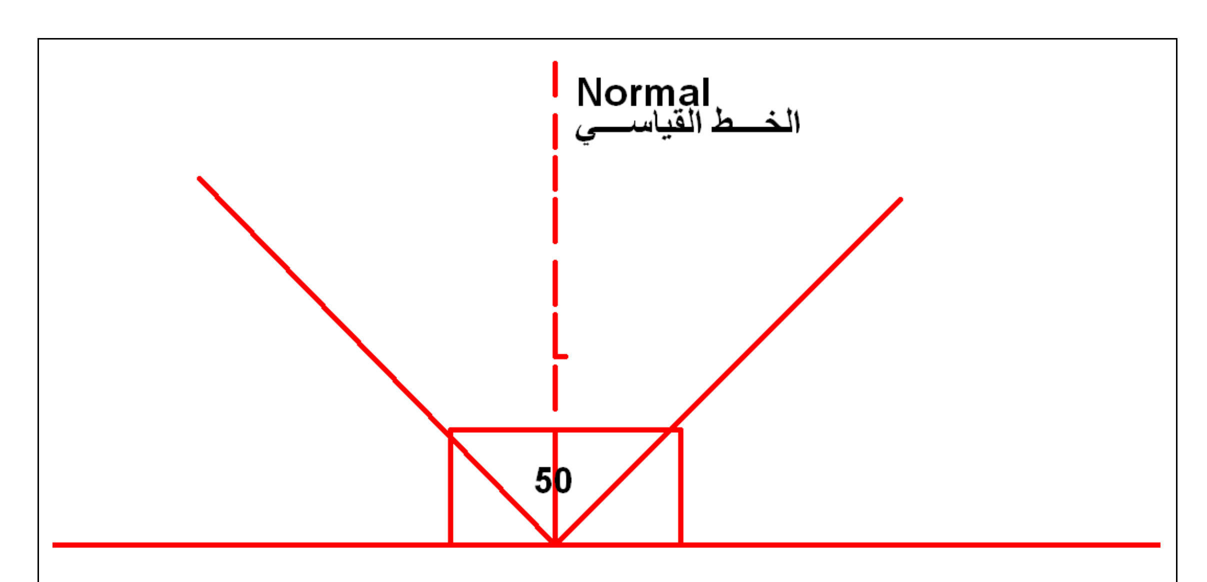
الزاوية ما بين الشعاع الوارد و الخط القياسي normal العمودي تبلغ °40 فكم تبلغ الزاوية ما بين الشعاع الوارد و السطح الأفقي؟

إنها بالطبع تكمل ال °40 درجة إلى °90 درجة أي °50 درجة.

$90° - 40° = 50°$



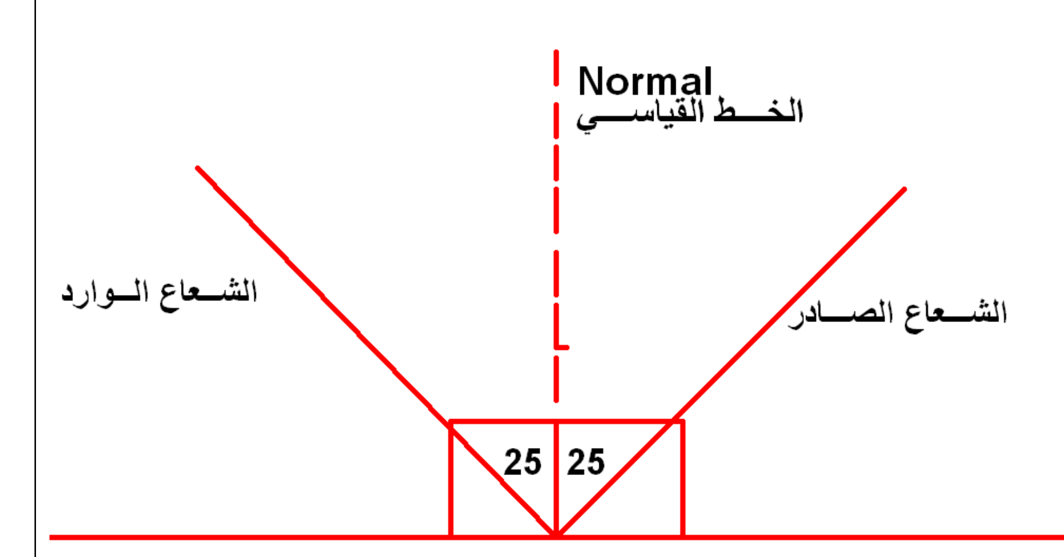
و إذا كانت الزاوية ما بين الشعاع الوارد و الشعاع الصادر تبلغ °50 درجة فإن زاوية الانعكاس سوف تكون:

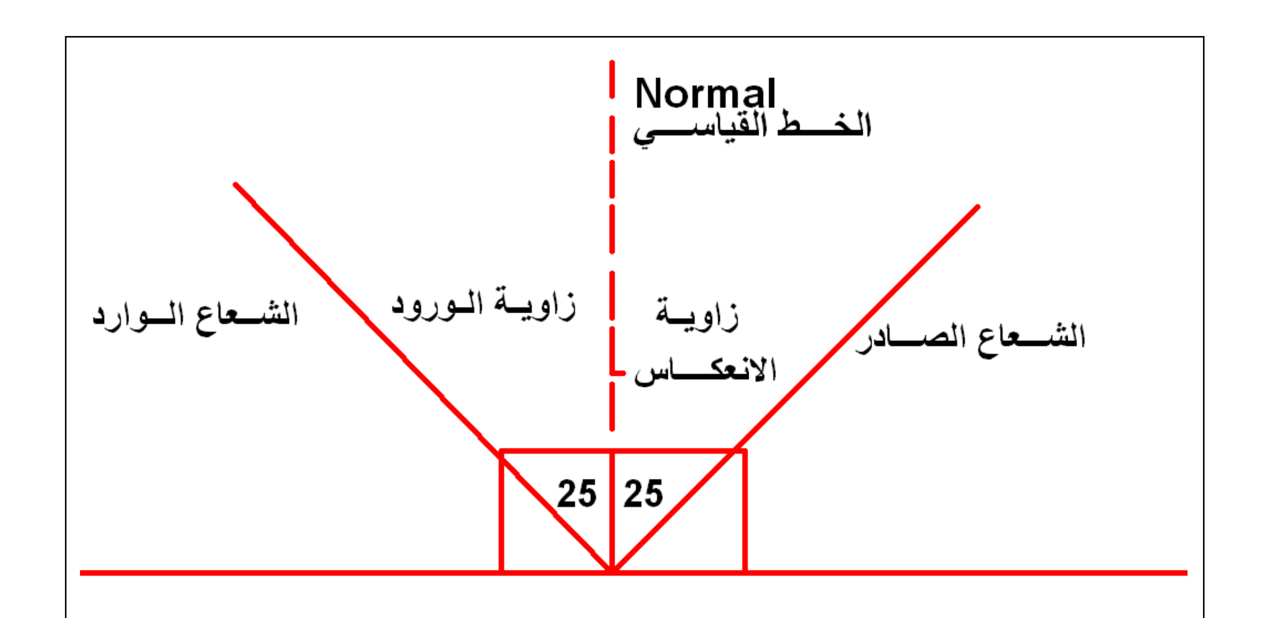


لدي مستوي أفقي يمثل سطح الانعكاس و لدي خطَ قياسي normal يتعامد معه بزاوية قائمة تبلغ 90° ، و إذا كانت الزاوية المتشكلة ما بين الشعاع الصادر و الشعاع الوارد تبلغ 50° درجة ، و بما ان زاوية الورود تساوي دائماً زاوية الانعكاس ، أي أن الخط القياسي normal العمودي ينصف زاويةً قياسها 50° درجة إلى نصفين متساويين فذلك يعني بأن زاوية الانعكاس تساوي :

50\2=25°

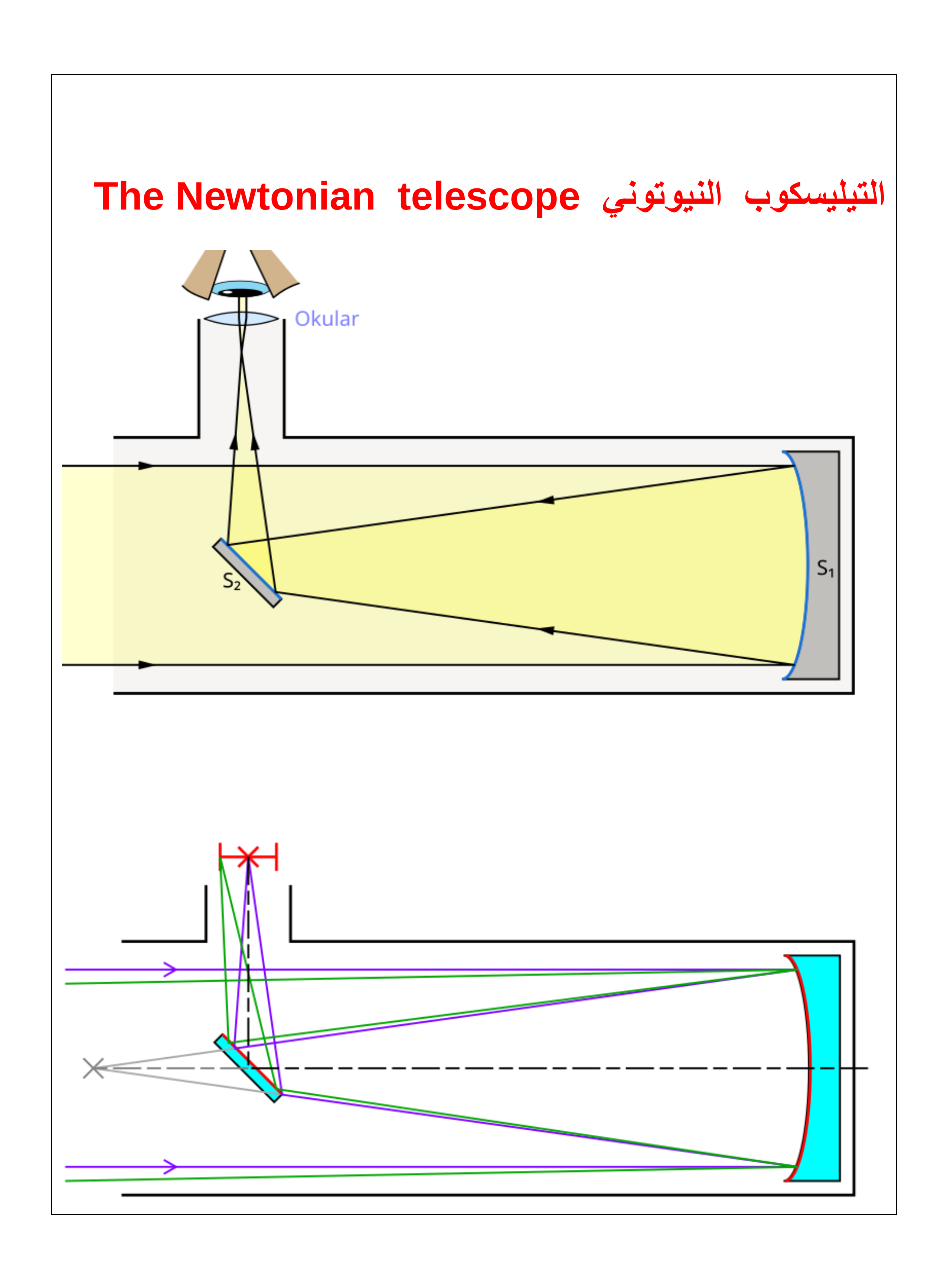
و كذلك هي حال زاوية الورود.

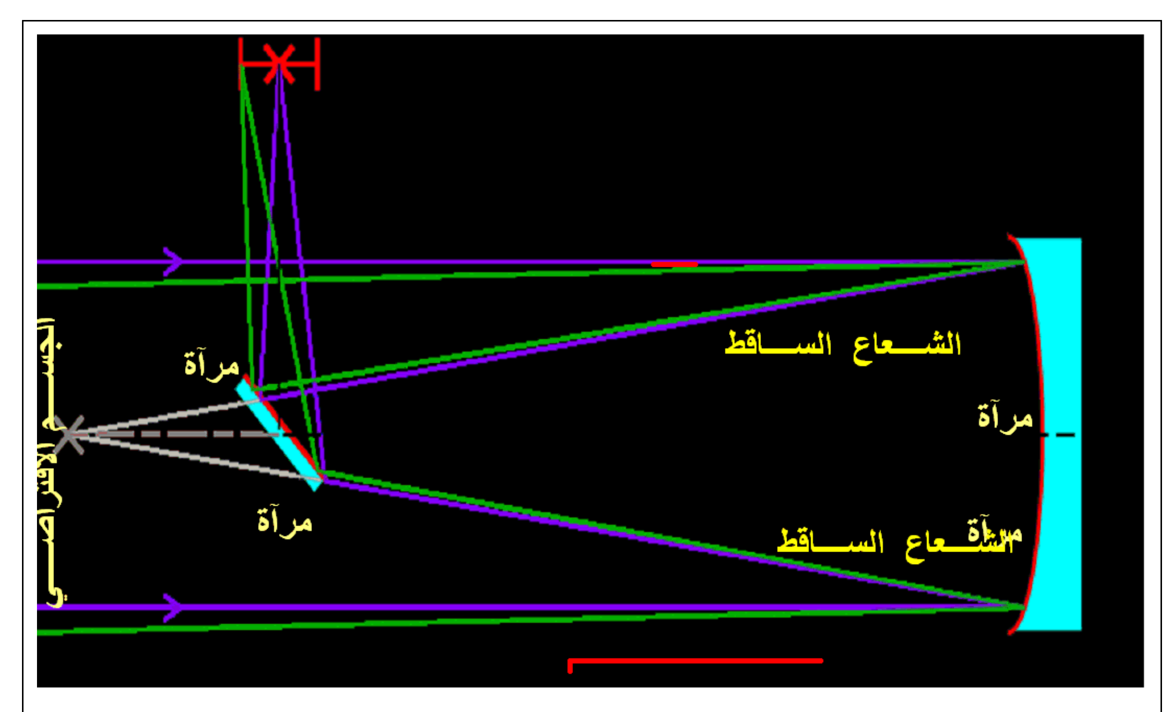




الجسم الممتد extended object و صورته يكونان متطابقين تماماً في الحجم.
صورة جسن افتراضي تكون بحد ذاتها حقيقية .
يكون الجسم مساوياً من حيث الحجم لصورته المنعكسة في المرآة.

The Newtonian telescope التيليسكوب النيوتوني





لتحديد موقع الجسم الافتراضي virtual object نقوم بمد الشعاعين الساقطين حتى يتقاطعا في نقطةٍ ما .

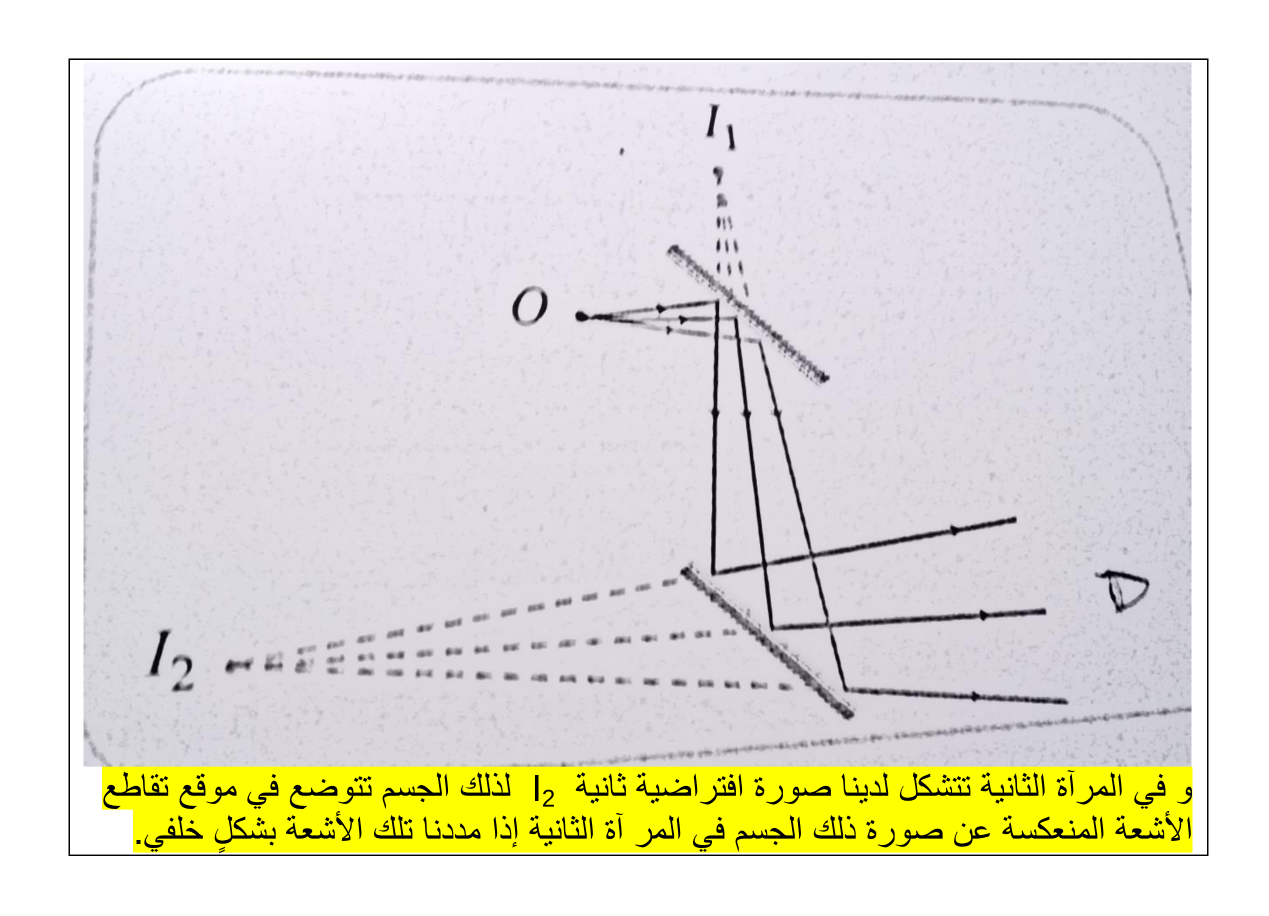
إن نقطة تقاطع الامتدادين الوهميين لهذين الشعاعين تمثل موقع الجسم الافتراضي.

إن هذين الشعاعين الساقطين ينعكسان من على السطح العاكس أو المرآة ليشكلا صورةً لذلك الجسم و لكننا نقوم بمدهما بشكلٍ افتراضي على شكل خطوط متقطعة حتى يتقاطعا في نقطةٍ ما تمثل موقع الجسم الافتراضي.

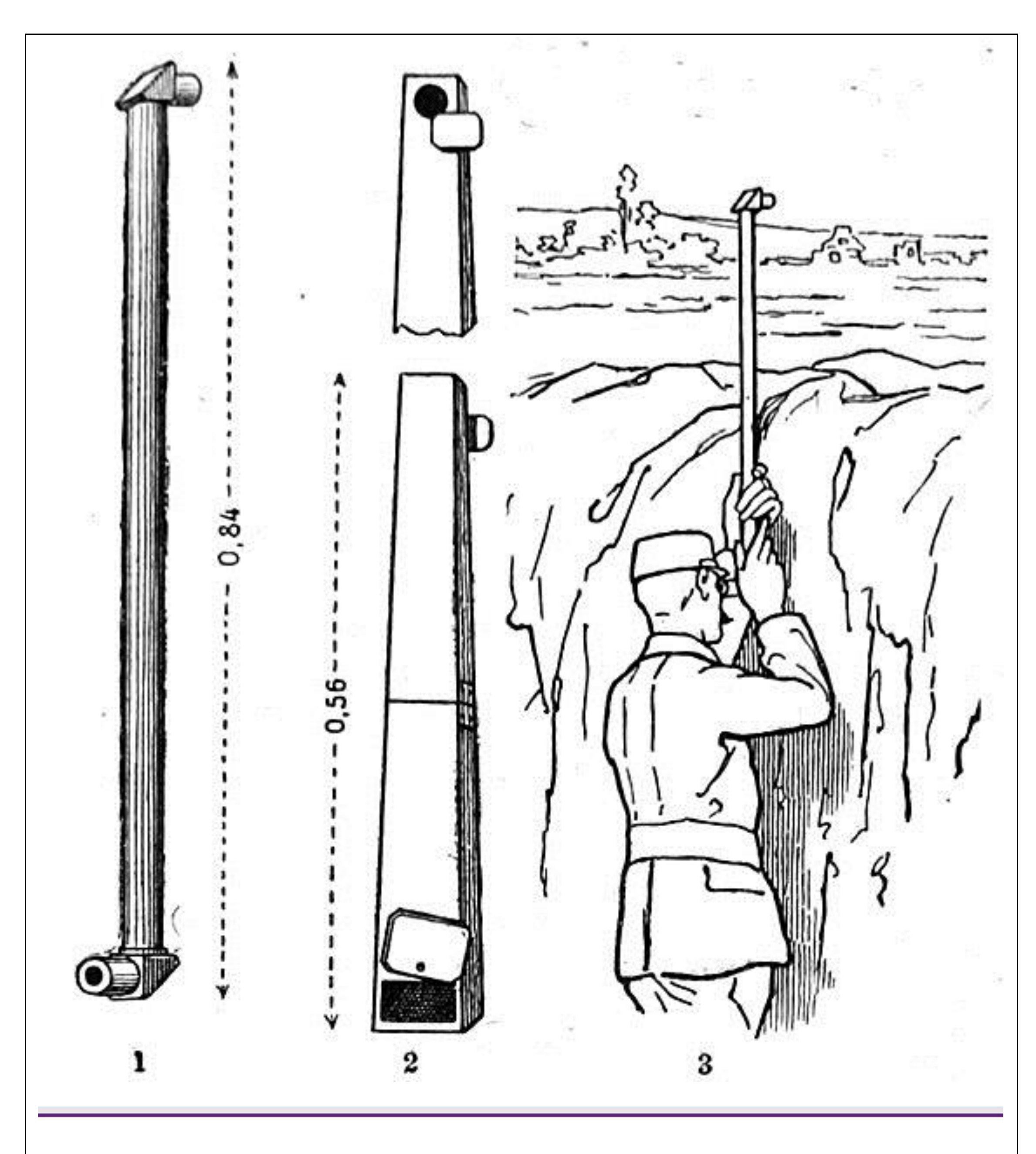
البيريسكوب periscope

يحتوي البيرسكوب على مرآتين عاكستين مستويتين متوازيتين مائلتين بدرجة °45 درجة بالنسبة للأفق.

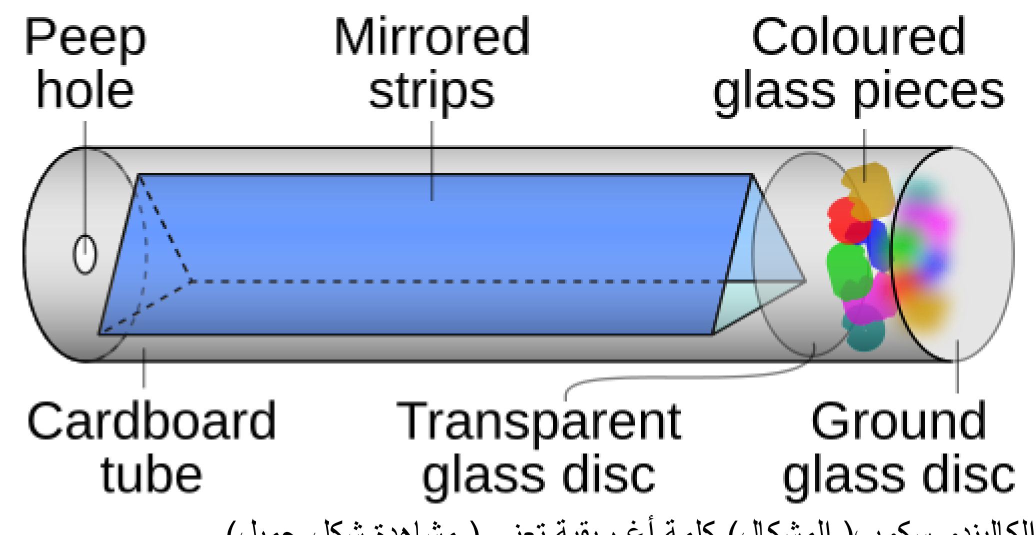
O الجسم الحقيقي الذي تتم رؤيته و لهذا الجسم الحقيقي صورة افتراضية Virtual image أولى I_1 في المرآة الأولى تتوضع عند نقطة تلاقي الأشعة المنعكسة عن صورة ذلك الجسم و ذلك إذا مددنا تلك الأشعة بشكلٍ خلفي حتى تتقاطع.



و في المرآة الثانية تتشكل لدينا صورة افتراضية ثانية I_2 لذلك الجسم تتوضع في موقع تقاطع الأشعة المنعكسة عن صورة ذلك الجسم في المر آة الثانية إذا مددنا تلك الأشعة بشكلٍ خلفي.



المشكال -الكاليندوسكوبkaleidoscope



الكاليندو سكوب(المشكال) كلمة أغ ريقية تعني (مشاهدة شكلٍ جميل)

يتألف المشكال من زوج من المرايا التي تم تركيبها بزاوية 60° درجة حيث ينتج هذا الجهاز خمس صورٍ افتراضية للنقطة O .

يعتبر برج الأرض Earth Tower في اليابان أكبر مشكالٍ بصر ي في العالم حيث يتألف من برجٍ يبلغ ارتفاعه 47 m متر يضم مجموعةً من المرايا و ثلا ثة أقراص ضخمة دوارة.

يمكن تخزين طاقة الضوء بشكلٍ مؤقتٍ في الذرة على شكل طاقةٍ كهربائية كامنة electrical potential energy.

ينتقل الضوء قي الأوساط المختلفة بسرعاتٍ مختلفة ففي الخواء(الفراغ) تكون سرعة الضوء:

$C=3\times10^{8}$ m/s

متر في الثانية .

حيث C هي سرعة الضوء.

عندما ينتقل الضوء من وسطٍ شفاف إلى وسطٍ شفافٍ آخر فإنه لا يغير سر عته و حسب ،بل إنه يغير كذلك اتجاهه .

تعزى إلى ظاهر ة انكسار الضوء refraction خاصية تشكل الصور بواسطة العدسات و العين.

تشتت الضوء dispersion of light و تعني تحلل الضوء إلى أطيافٍ من الألوان كما هي الحال في قوس قزح أو بعد مر ور الضوء في موشور ٍ زجاجي، كما تعزى إلى خاصية انكسار الضوء ظواهر كالسر اب في الصحراء و السراب الذي يُشاهد على الطرقات العامة في الأجواء المشمسة الحارة.

إن مقدار انكسار الضوء الذي يحدث عند انتقال الضوء من وسطٍ شفافٍ لآخر يعتمد على عاملين اثنين و هما :

مقدار التغير في عامل الانكسار index of refrac tion .

قياس الزاوية التي تقع ما بين شعاع الضوء و الخط الوهمي المتعامد مع السطح الذي يفصل بين الوسطين الذين يمر عبرهما شعاع الضوء و هذا الخط العمودي يدعى بالخط القياسي Normal و تتشكل هذه الزاوية عند نقطة سقوط الأشعة.

معامل إتكسار الضوء index of refraction

إن معامل انكسار الضوء هو الخاصية الأكثر أهمية في أي وسطٍ ضوئي ، و يعرف معامل انكسار الضوء بانه النسبة ما بين سرعة الضوء في الخواء C و بين سرعة الضوء في ذلك الوسط V و يرمز لعامل الانكسار بالحرف n .

سرعة الضوء في الخواء C
سرعة الضوء في وسطٍ ما V
عامل الانكسار n

n=$\frac{C}{V}$

معامل انكسار وسطٍ ما n يساوي سرعة الضوء في الخواء C مقسوماً على سرعة الضوء في ذلك الوسط.

يوصف الوسط الذي يكون عامل انكساره n أكبر بأنه أكثف ضوئياً (أعلى كثافةً من الناحية الضوئية) optically denser .

كلما كان الوسط أكثر كثافةً ضوئية كانت سرعة انتقال الضوء فيه أدنى و بالتالي كان انكساره أكبر و العكس صحيح أي أنه كلما كان الوسط ذو كثافة ضوئية أدنى كانت سرعة انتقال الضوء فيه أكبر و كان انكساره أقل.

إن سرعة الضوء في الخواء(الفراغ) أو الهواء C هي أعلى سرعة يمكن أن يبلغها الضوء و بالتالي فإن أعلى سر عة يمكن أن يبلغها الضوء هي عندما تكون سرعة الضوء في ذلك الوسط V مساوية لسرعة الضوء في الخواء أو أدنى منها:

V $\leq C$

سرعة انتقال الضوء في ذلك الوسط تكون مساويةً أو أقل $\leq$ من سرعة انتقال الضوء في الفراغ C

إن الفراغ و الهواء يمتلكان أدنى معامل انكسار للضوء Index of refraction حيث يبلغ معامل انكسار الضوء فيهما واحد n=1

معامل انكسار بعض الأوساط الشائعة

معامل انكسار الفراغ و الهواء 1.00 (واحد)
عامل انكسار الجليد 1.31
معامل انكسار الماء 1.33
معامل انكسار الكحول 1.36
معامل انكسار الزجاج الشفاف 1.52
معامل انكسار الزجاج المعتم يتراوح ما بين 1.6 و 1.9 .
معامل انكسار الماس 2.42

عندما نتحدث عن سرعة الضوء C فإننا نعني بذلك سرعة الضوء في الخواء و التي تبلغ :

C=3.0×10^{8} m/s

متر في الثانية.

مسألة :

احسب معامل انكسار وسطٍ ينتقل فيه الضوء بسرعةٍ تبلغ 2.0×10^{8} m/s

إن معامل انكسار ذلك الوسط يحسب بالعلاقة:

$n=\frac{c}{v}$

معامل الانكسار = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في ذلك الوسط}}$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$n=\frac{c}{v}\longrightarrow n=\frac{3.0\times10^{8}\ m/s}{2.0\times10^{8} m/s}=1.5$

1.5 هو معامل انكسار ذلك الوسط.

معامل الانكسار النسبي Relative Index of Refraction

إن معامل الانكسار النسبي للوسط B بالنسبة للوسط A يشار إليها بالعلا قة n_{BA} و هو يساوي :

$n_{BA}=\frac{nB}{nA}$

حيث أن n_B و n_A هما معاملي انكسار الوسطين A و B .
إن معامل الانكسار النسبي للوسط B بالنسبة للوسط A أي n_{BA} يساوي معامل الانكسار النسبي للوسط B أي n_B مقسوماً على معامل الانكسار النسبي للوسط A أي n_A.
أما معامل الانكسار المطلق فإنه يعطى بالعلاقة $n=\frac{c}{v}$

معامل الانكسار المطلق = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في ذلك الوسط}}$ هو معامل الانكسار المطلق Absolute index of refraction لوسطٍ ما ينتقل عبره الضوء بسرعة v .

إن حذف العنصر المكرر لا يغير النتيجة.

مثال:

$\frac{A}{B}\times\frac{B}{C}=\frac{A}{B}\times\frac{B}{C}=\frac{A}{C}$

$\frac{A}{B}\times\frac{B}{C}=\frac{A}{\cancel{B}}\times\frac{\cancel{B}}{C}=\frac{A}{C}$

أثبت لي بطريقة رقمية أنه يمكن حذف العنصر المتكرر دون أن تتأثر النتيجة؟

$\frac{4}{8}\times\frac{8}{2}=\frac{4}{\cancel{8}}\times\frac{\cancel{8}}{2}=\frac{4}{2}=2$

الكسر هو عملية قسمة معلقة (قسمة عالي الكسر على أدناه):

$\frac{4}{8}\times\frac{8}{2}=0.5\times4=2$

$\frac{4}{8}=4/8=\frac{1}{2}=0.5$

$\frac{8}{2}=8/2=4\rightarrow$

$0.5\times4=2$

الضرب بالكسر $\frac{1}{2}$ أو ما يكافئه أي الرقم العشري 0.5 (5 بالعشرة) أو نصف يماثل القسمة على 2 .

الآن بعد حذف العدد المكرر 8 فإن :

$\frac{4}{2}=2$

إذاً لا تتغير النتيجة عند حذف عنصرٍ مكرر.

و تبسيطاً للعمليات الرياضية فعندما يُعطى معامل انكسار الوسط X مثلاً ً بالنسبة للهواء أو الخواء A فإننا ببساطة نستخدم الرمز n أو n_X و ذلك للإشارة إلى أن عامل انكسار هذا الوسط مقاساً بالنسبة لعامل الانكسار في الفراغ أو الهواء n_{XA}

إن معامل الانكسار المطلق يكون دائماً أكبر من واحد 1 أو مساوياً له و لا يُمكن لمعامل الانكسار المطلق أن يكون أقل من واحد 1 بينما يمكن لمعامل الانكسار النسبي ان يكون أدنى من واحد 1 .

لماذا لا يمكن لمعامل الانكسار(المطلق) أن يكون أدنى من واحد 1 ؟

لأن العدد واحد يمثل معامل انكسار الضوء في الفراغ و الهواء و لا توجد مادة معروفة تتميز بمعامل انكسار أدنى من معامل انكسار الفراغ و الهواء و الذي يساوي واحد 1 .

عندما يكون معامل الانكسار النسبي للوسط n_{BA} أدنى من واحد

$n_{BA} > 1$ فذلك يعني بأن الوسط B ذو كثافة ضوئية أعلى من الوسط A .

وسط الورود (وسط سقوط الضوء) Medium of incidence هو الوسط الذي ينتقل خلاله الضوء قبل أن يصل إلى سطح الوسط الثاني أي سطح وسط الانكسار.
الشعاع المنكسر refracted ray: هو الشعاع الساقط التي يدخل وسط الانكسار.
زاوية انكسار الضوء : هي الزاوية التي يشكلها الشعاع المنكسر مع الخط القياسي normal عند نقطةٍ تدعى بنقطة الورود(نقطة سقوط الأشعة).

القانون الأول :
الشعاع الساقط و الشعاع المنكسر عنه و الخط القياسي normal (المتعامد مع سطح وسط الانكسار) تقع كلها في مستوي واحد يدعى بمستوي السقوط plane of incidence .
إن كلاً من الشعاع الساقط و الشعاع المنكسر يقعان دائمان على جانبي الخط القياسي normal (الخط الوهمي المتعامد مع السطح).

القانون الثاني
إن النسبة ما بين جيب زاوية سقوط الشعاع و جبيب زاوية الانكسار ثابتة :

$$\frac{\sin(angle\ of\ incidence)}{\sin(angle\ of\ refraction)}=\text{constant}$$

$$\frac{\text{جيب زاوية الشعاع الساقط}}{\text{جيب زاوية الشعاع المنكسر}}=\text{ثابت}$$

و هذا الثابت هو معامل الانكسار النسبي the relative index of refraction .

$$\frac{\sin(angle\ of\ incidence)}{\sin(angle\ of\ refraction)}=\frac{nr}{ni}=\text{nri}$$

و هذا القانون يعرف بقانون سنيل Snell's law
جيب زاوية سقوط الأشعة\جيب زاوية الانكسار=معامل انكسار وسط الانكسار n_r \معامل انكسار وسط سقوط الأشعة n_i = معامل انكسار كلٍ من وسط الانكسار و وسط سقوط الشعاع(معامل الانكسار النسبي).

قانون سنيل Snell's Law

جيب زاوية سقوط الضوء مقسوماً على جيب زاوية انكسار الضوء يساوي معامل انكسار وسط انكسار الضوء n_r مقسوماً على معامل انكسار وسط سقوط الضوء n_i
وسط الانكسار هو الوسط الذي ينكسر الضوء عند المرور خلاله و هو الوسط الثاني الذي ينتقل الضوء عبره.
وسط سقوط الضوء : هو الوسط الذي ينتقل عبره الضوء قبل أن يخترق و سط الانكسار أي الوسط الذي ينكسر الضوء فيه و على سبيل المثال فإن الهواء هو وسط سقوط ينتقل عبره الضوء أما الماء فهو وسط انكسار حيث ينكسر الضوء عند وصوله إليه.

غير أن ذلك لا يعني بأن الضوء لا ينكسر في الهواء فالضوء ينكسر في الهواء كما يحدث في ظاهرة السراب مثلاً .

إذا كان وسط سقوط الضوء فراغاً أو هواءاً فإن ناتج عملية القسمة السابقة هو المعامل المطلق للانكسار n لوسط الانكسار absolute index of refraction .

مبدأ عكوسية عملية انكسار الضوء

إن عملي انكسار الضوء هي عمليةٌ عكوسة (قابلة للعكس) reversible .

معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب الزاوية α_1 الواقعة ما بين الشعاع الساقط و الخط القياسي normal (الخط الوهمي المتعامد مع السطح الذي سقط عليه شعاع الضوء) تساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب الزاوية الواقعة ما بين شعاع الضوء المنكسر و الخط القياسي:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

تذكر دائماً بأن العلاقة بين أي رمزين أو عنصرين متجاورين هي علا قة ضرب.

$$n_1 \times \sin \alpha_1 = n_2 \times \sin \alpha_2$$

أي :

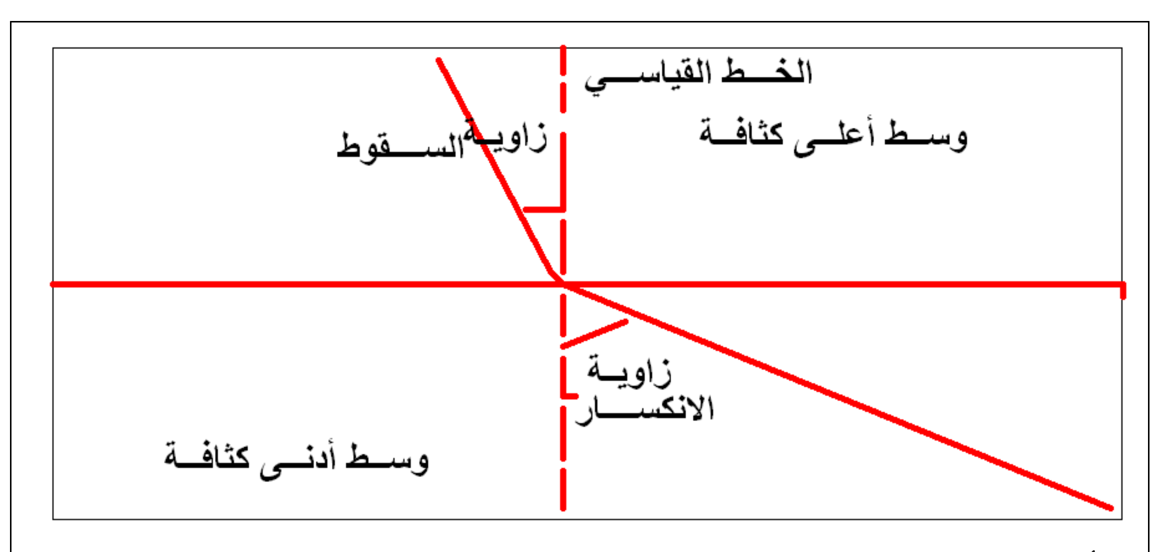
معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء Sin_i (الواقعة ما بين الشعاع الساقط و الخط القياسي normal أي الخط الوهمي المتعامد مع السطح الذي سقط عليه شعاع الضوء) تساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية الانكسار $\sin_r$ أي جيب الزاوية الواقعة ما بين شعاع الضوء المنكسر و الخط القياسي:

$$n_1 \times (\text{Sin}_i) = n_2 \times (\sin r)$$

و سوف أشرح كيفية استخدام هذا القانون لاحقاً .

كلما كان الوسط الذي يمر به الضوء أكثر كثافةً كانت الزاوية بين شعاع الضوء و الخط القياسي أكثر ضيقاً.

في الشكل التالي فإن الوسط العلوي أكثر كثافةً:



مسألة تطبيقية

شعاعٌ ضوئي يعبر خلال الهواء و يسقط على وسطٍ مائي يبلغ معامل انكساره n=1.33 أي أن معامل انكسار الماء يساوي 1.33 بزاوية سقوطٍ تبلغ °60 درجة.

احسب زاوية انكسار شعاع الضوء .

لحل هذه المسألة فإننا نستخدم قانون سنيل Snell's law :

$n_1(Sin_i)=n_2(sin\ r)$

معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء Sin_i (الواقعة ما بين الشعاع الساقط و الخط القياسي normal أي الخط الوهمي المتعامد مع السطح الذي سقط عليه شعاع الضوء) تساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية الانكسار sin_r أي جيب الزاوية الواقعة ما بين شعاع الضوء المنكسر و الخط القياسي:

$n_1\times(Sin_i)=n_2\times(sin\ r)$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$1\times(\sin 60°)=1.33\times\sin r$

و بالطبع فإن العدد واحد 1 هو معامل انكسار الهواء أي معامل انكسار الوسط الأول n_1 أما sin 60° فهو جيب زاوية سقوط الضوء Sin_i .

1.33 هو معامل انكسار الماءاي معامل انكسار الوسط الثاني n_2

sin r هو جيب زاوية انكسار الضوء و هو مجهول المسألة.

و كما ترون فإن قانون سنيل يتألف من عمليتي ضرب متساويتين :

$1\times(\sin 60°)=1.33\times\sin r$

إذا كانت لدينا عمليتي ضرب متساويتين تحويان عنصراً مجهولاً sin r فإننا نجعل من ذلك العنصر المجهول ناتجاً لعملية حسابية و بذلك فإننا نخرجه من العمليات الحسابية و نحسب قيمته، و هذا المجهول يساوي ناتج ضرب الطرفين الآخرين في عملية الضرب(1×(sin 60° مقسوماً على الطرف المعلوم المضروب بذلك المجهول 1.33 فنكتب :

$Sin(r)=\frac{\sin 60\times 1}{1.33}=0.65$

0.65 هو جيب زاوية الانكسار أي sin(r) و ليس قياس زاوية انكسار الضوء .

لحساب زاوية انكسار الضوء اعتماداً على جيبها فإننا نستخدم الوظيفة المعاكسة للجيب أي الجيب الرفوع للقوة السلبية الأولى sin^{-1} في الآلة الحاسبة و باستخدام هذه الوظيفة فإننا نحصل على قياس زاوية انكسار الضوء أي $40.6°$.

$n_1 \times (\sin_i) = n_2 \times (\sin r)$

كيف قمت بحل المسألة السابقة ؟

إن الطرف المجهول في عمليتي ضرب متساويتين تحوي إحداهما على طرفين إثنين يساوي ناتج قسمة عملية الضرب الثانية على الطرف المضروب بذلك العنصر المجهول.

$A\times B = C\times D \rightarrow A\times B = C\times ? \rightarrow$

$D=?$

$?=\frac{A\times B}{C}$

$D=\frac{A\times B}{C}$

$3\times 4=2\times 6$

$12=12$

$D=?$

$3\times 4=2\times D$

$3\times 4=2\times ?$

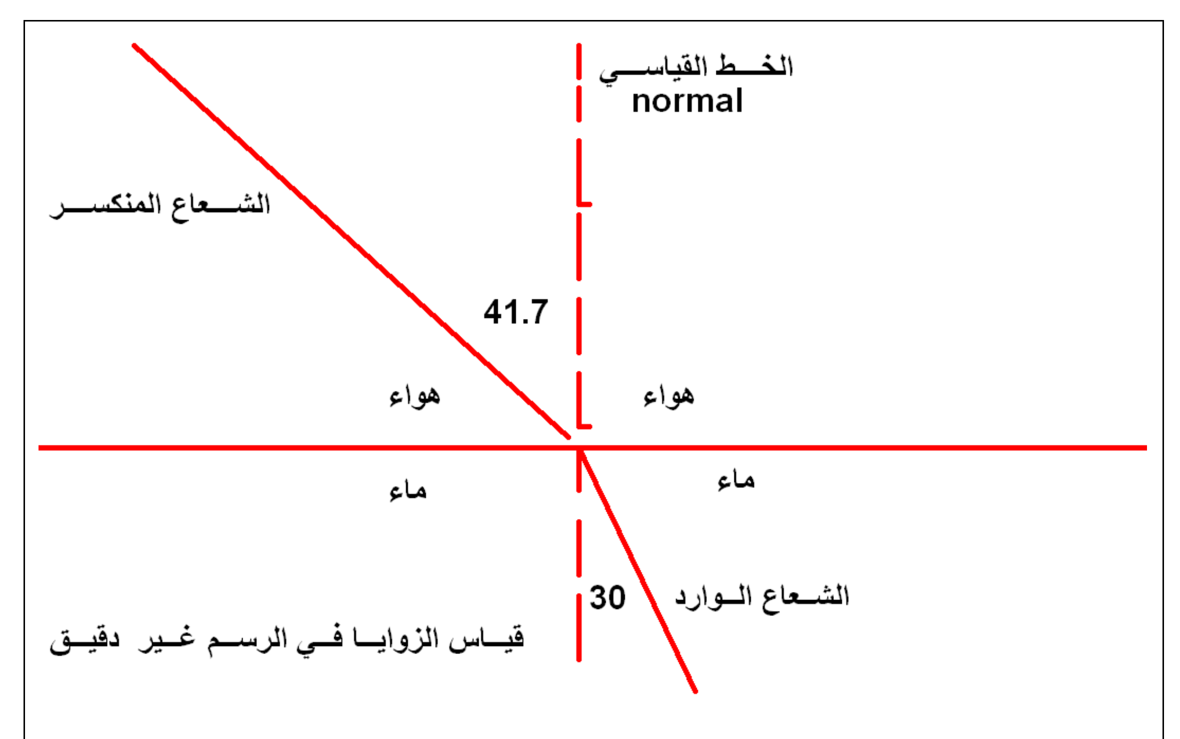
$D=\frac{3\times 4}{2}=6$

$؟=\frac{3\times 4}{2}=\frac{12}{2}=6$

مسألة في الهندسة البصرية

ينطلق شعاع ضوءٍ من داخل الماء بزاوية $30°$ درجة عند نقطة تقاطع الخط القياسي normal مع سطح الماء.

احسب زاوية انكسار شعاع الضوء في الهواء.



لحل هذه المسالة فإننا نستخدم قانون سنيل : Snell's law

$n_1(Sin_i)=n_2(sin\ r)$

أي:

$n_1\times(Sin_i)=n_2\times(sin\ r)$

الرموز التي توضع بجانب بعضها البعض يعني بأن هنالك علاقة ضرب بينها.

معامل انكسار الوسط الأول(الماء) n_1 ضرب جيب زاوية سقوط الضوء sin_i يساوي معامل انكسار الوسط الثاني (الهواء) n_2 ضرب جيب زاوية الانكسار sin_r.

نعوض الرموز بالقيم الرقمية المتوفرة:

$1.33\times sin(30°)=1\times sin(r)$

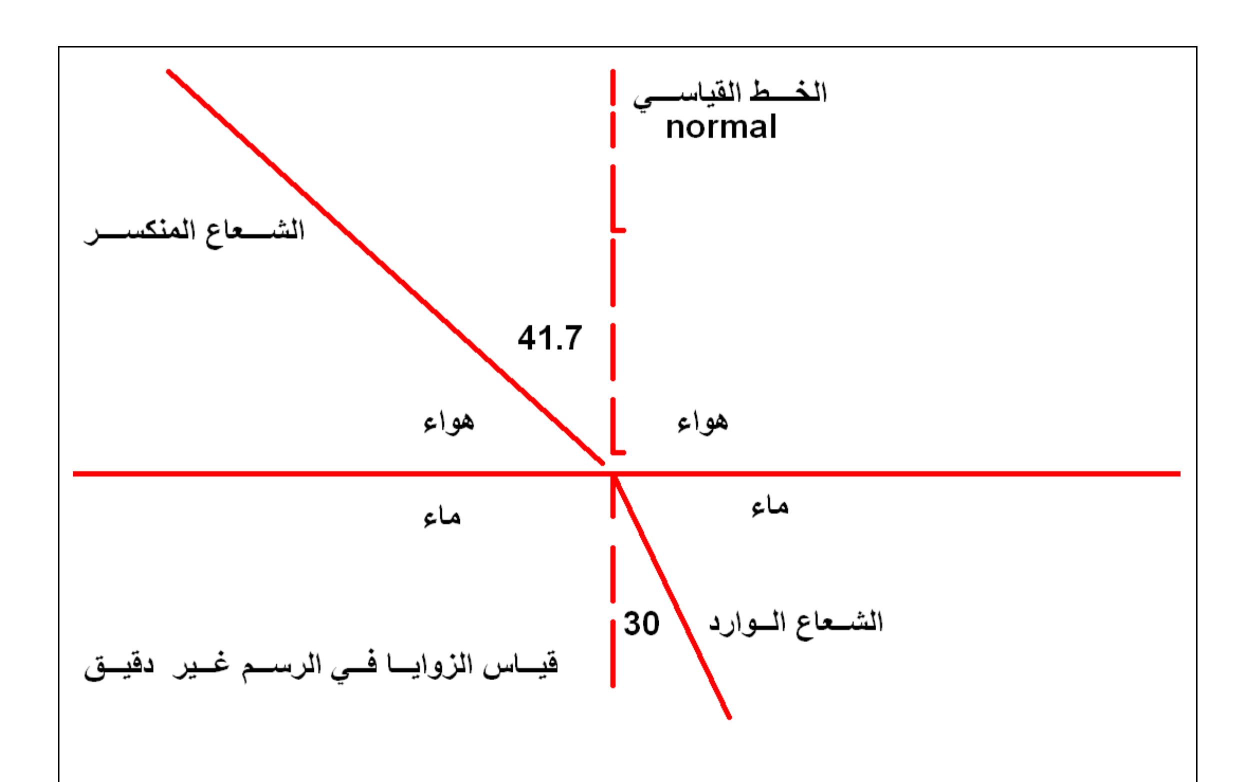
و هذا يكافئ الصيغة التالية :

$Sin(r)=1.33\times sin(30°)/1=0.66$

$Sin(r)=1.33\times sin(30°)=0.66$

و بالطبع فإن الرقم 0.66 هو جيب زاوية انكسار الضوء و ليس زاوية انكسار الضوء و لحساب زاوية انكسار الضوء اعتماداً على جيب هذه الزاوية فإننا نستخدم الوظيفة المعاكسة لوظيفة حساب جيب الزاوية sin في الآلة الحاسبة أي جيب الزاوية المرفوع للقوة السلبية الأولى sin^{-1} لحساب زاوية انكسار الضوء فنحصل على قياس زاوية انكسار الضوء و هو 41.7°

هل فهمتهم شيئاً ؟



كيف قمت بحل المسألة السابقة ؟

إن الطرف المجهول في عمليتي ضرب متساويتين تحتوي إحداهما على طرفين إثنين (عملية الضرب التي تحوي طرفاً مجهولاً) يساوي ناتج قسمة عملية الضرب الثانية على الطرف المضروب بذلك العنصر المجهول.

إذا كانت لدينا عمليتي ضرب متساويتين تحتوي إحداهما على طرفين أحدهما مجهول فإن ذلك الطرف المجهول يساوي ناتج ضرب الطرفين المعلومين مقسوماً على الطرف المعلوم المضروب بذلك الطرف المجهول.

$n_1(\sin_i)=n_2(\sin r)$

أي:

$n_1\times(\sin_i)=n_2\times(\sin r)$

$AB=CD=$

$A\times B=C\times D\rightarrow A\times B=C\times ?\rightarrow$

$?=\frac{A\times B}{C}$

$D=\frac{A\times B}{C}$

$A=3,B=4.C=2,D=6$

$D=?$

$3\times 4=2\times 6$

$12=12$

$3\times 4=2\times D$

$3\times 4=2\times ?$

$D=\frac{3\times 4}{2}=6$

$6=\frac{3\times4}{2}=$؟

حساب معامل انكسار وسطٍ ما اعتماداً على زاوية انكسار الضوء في ذلك الوسط

يسقط شعاعٌ من الضوء بزاوية سقوطٍ مقدارها 30° درجة على الحد الفاصل ما بين الهواء و وسطٍ شفافٍ آخر .
تبلغ زاوية انكسار الضوء (بين الشعاع المنكسر و الخط القياسي) 21.5° درجة.
احسب معامل انكسار ذلك الوسط.

كما مر معنا سابقاً فإن معامل انكسار وسطٍ ما n يساوي جيب زاوية الإشعاع الساقط $\sin_i$ مقسوماً على جيب زاوية الإشعاع المنكسر $\sin_r$

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}$$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$$n=\frac{\sin 30°}{\sin 21.5°}=1.36$$

1.36 هو معامل انكسار ذلك الوسط.
Sin 30° جيب الزاوية 30 درجة هو جيب زاوية الشعاع الوارد.
Sin 21.5° جيب الزاوية 21.5 درجة هو جيب زاوية الشعاع المنكسر .

النتيجة 1.36 أي معامل الانكسار ليس له وحدة قياس و إذا أتاك في امتحان الاختيار من متعدد معامل انكسار بقربه وحدة قياس أياً كانت فاياك أن تختاره كإجابة صحيحة.
لماذا؟
لأن معامل الانكسار هو نسبةٌ بين قيمتين و لا وحدة قياس لنسبة بين قيمتين.

الانعكاس الداخلي Internal reflection

يكون انكسار الضوء مصحوباً بانعكاس الضوء .
إن انعكاس الضوء قد يكون الظاهرة الوحيدة التي تحدث على الحدود بين وسطين شفافين أي أنه قد لا يحدث انكسارٌ للضوء بين وسطين شفافين.
يمكن للطاقة الضوئية ان تنعكس بشكلٍ كلي في وسط سقوط الضوء دون ان يعبر منها اي مقدارٍ إلى الوسط الشفاف الثاني و هذه الظاهرة تعرف بظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي total internal reflection .
عندما ينتقل الضوء من وسطٍ ما إلى وسطٍ أعلى كثافةً ضوئية فإن شعاع الضوء ينحني نحو الخط الوسطي normal .
و بالنسبة لأية زاوية ورود (زاوية سقوط شعاع الضوء) تقع ما بين 0° و 90° درجة فإن بإمكاننا أن نحسب زاوية انكسار الضوء r باستخدام العلاقة التالية :
جيب زاوية الانكسار $\sin_r$ يساوي معامل انكسار الوسط الأول n_1 مقسوماً على معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية الورود(زاوية سقوط الضوء) $\sin_i$:

$\text{Sin } r=\frac{n1}{n2}\sin i$

عندما ينتقل الضوء من وسطٍ أكثر كثافة إلى وسطٍ أدنى كثافة فإن شعاع الضوء ينحني بعيداً عن الخط القياسي normal و بذلك فإن زاوية انكسار الضوء تكون أكبر من زاوية الورود (زاوية سقوط الضوء) و في تلك الحالة ينعكس الضوء بشكلٍ جزئي.

إن اقصى قيمة لزاوية الانكسار هي 90° .
لا يمكن لزاوية انكسار الضوء ان تكون أكبر من 90° .
إن أقصى قياس لزاوية الانكسار هي 90° .
إن زاوية انكسار الضوء القصوى التي تبلغ 90° درجة تكون مترافقة مع زاوية سقوط ضوء تدعى بالزاوية الحرجة critical angle ٨.
و عندما تكون زاوية سقوط الضوء (زاوية الورود) أكبر من الزاوية الحرجة ٨ لا يحدث أبداً انكسار للضوءو إنما فإن شعاع الضوء سوف ينعكس في الوسط الأعلى كثافة ضوئية أي أنه لا ينكسر ضمن ذلك الوسط و في هذه الحالة فإن الضوء لن يتجاوز الحدود ما بين هذين الوسطين الشفافين و إنما فإنه سوف يخضع لحالةٍ تدعى بحالة الانعكاس الكلي الداخلي total internal reflection(TIR) .
يُمكن حساب الزاوية الحرجة ٨ باستخدام قانون سنيل Snell's law :

$n_1\sin(\lambda)=n_2\sin(90°)$

$n_1\times\sin(\lambda)=n_2\times\sin(90°)$

معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب الزاوية الحرجة sin٨ يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب الزاوية 90° sin.
و عليه فإن جيب الزاوية الحرجة sin(٨) يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 مقسوماً على معامل انكسار الوسط الأول n_1 .

$n_1\sin(\lambda)=n_2\sin(90°)\rightarrow\sin(\lambda)=\frac{n2}{n1}$

أي

$n_1\times\sin(\lambda)=n_2\times\sin(90°)\rightarrow\sin(\lambda)=\frac{n2}{n1}$

في العلاقات الرياضية عندما يوضع طرفين بجانب بعضهما البعض دون شارة عملياتية فذلك يعني بأن العلا قة بينهما هي علاقة ضرب.
هل فهمتم شيئاً؟



كيف فعلنا ذلك؟
بدايةً يجب ان نعلم بأن جيب الزاوية 90° أي sin90° يساوي واحد :
$\text{Sin}(90°)=1$

و بما أنها تساوي واحد 1 و بما ان العدد واحد 1 عنصرٌ محايد (لا يؤثر على النتيجة) بالنسبة لعمليتي الضرب و القسمة فذلك يعني بانه قد خرج من الحسبة.
و كما مر معنا سابقاً فإنه إذا كانت لدينا عمليتي ضرب متساويتين تتألف كلٌ منهما من طرفين إثنين و كان لدينا فيها طرفٌ مجهول فإننا نحسب ذلك الطرف المجهول بان نقسم ناتج ضرب الطرفين المعلومين على الطرف المضروب بالطرف المجهول:

$A\times B = C\times D \rightarrow A\times ? = C\times D$

$B=?$

$?=\frac{C\times D}{A}$

$B=\frac{C\times D}{A}$

$2\times 6=12\times 1 \rightarrow 6=\frac{12\times 1}{2}=6$

$2\times ?=12\times 1 \rightarrow ?=\frac{12\times 1}{2}=6$

$?=6$

$B=6$

$n_1 \sin(\lambda)=n_2 \sin(90°) \rightarrow \sin(\lambda)=\frac{n2}{n1}$

أي

$n_1\times \sin(\lambda)=n_2 \times\sin(90°) \rightarrow \sin(\lambda)=\frac{n2}{n1}$

المجهول جيب الزاوية الحرجة $\sin(\lambda)$

$\sin(90°)=1$

لا تنكسر أشعة الضوء عندما تسقط علي وسطٍ ما بزاويةٍ قائمة (قياسها بالطبع 90° درجة عندما ينتقل الضوء من وسطٍ أدنى كثافةً إلى وسطٍ ذو كثافة أعلى (كما يحدث عندما ينتقل الضوء من الهواء إلى الماء أو الزجاج مثلاً) فإن شعاع الضوء ينحني نحو الخط القياسي normal (الخط الوهمي المتعامد مع سطح ذلك الوسط) شرط ان يكون قياس زاوية سقوط الضوء أكبر من الصفر و ان يكون 90° درجة أو أدنى من ذلك.

$O\leq 90°$

كما يُمكن أن يتراوح قياس زاوية سقوط الضوء ما بين صفر و 90° درجة فإن قياس زاوية انكسار الضوء يمكن أن تكون صفراً أو أقصى قيمةً ممكنة r_{max}.
إن معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب الزاوية 90° sin درجة يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية انكسار الضوء مهما عظمت $\sin r_{max}$.

$n_1 \sin(90°)=n_2 \sin (r_{max})$

$n_1\times \sin(90°)=n_2\times \sin (r_{max})$

و لذلك فإن :

$\sin r_{max}=\frac{n1}{n2}$

sin 90°=1 جيب الزاوية 90° تساوي واحد 1 .

A×sin 90°=C×D

$A\times B\ 1=C\times D \rightarrow D=\frac{A}{C}$

$10\times 1=2\times 5 \rightarrow 5=\frac{10\times 1}{2}$

10×1/2=5

معامل انكسار الوسط الأول n_1 ضرب جيب الزاوية sin 90° درجة يساوي معامل انكسار الوسط الثاني n_2 ضرب جيب زاوية انكسار الضوء مهما عظمت $\sin r_{max}$.

$n_1 \sin(90°)=n_2 \sin (r_{max})$

في العلاقات الرياضية عندما يوضع طرفين بجانب بعضهما البعض دون شارة عملياتية فذلك يعني بأن العلا قة بينهما هي علاقة ضرب.

$n_1\times \sin(90°)=n_2\times \sin (r_{max})$

و لذلك فإن :

$\sin r_{max}=\frac{n1}{n2}$

إذا كانت لدينا عمليتي ضرب متساويتين تحتوي كلٌ منهما على عنصرين فإن العنصر المجهول أو الطرف المجهول في عمليتي الضرب هاتين يساوي ناتج قسمة ناتج ضرب الطرفين الآخرين المعلومين على الطرف المعلوم الثاني المضروب بالطرف المجهول.

جيب الزاوية 90° يساوي واحد 1 .

Sin90°=1

واحد 1و هو أعلى قيمة يمكن ان يبلغها جيب زاوية ما ، أما بالنسبة لبقية قياسات الزاوية الأعلى أو الأدنى من 90° درجة فإن الناتج إما أن يكون أقل من واحد(رقم عشري) أو صفراً أو رقماً سلبياً (أدنى من الصفر).

A×sin90°=C×D

Sin90°=1

$A\times B=C\times D \rightarrow D=\frac{A\times B}{C}$

$10\times 1=2\times 5 \rightarrow \frac{10\times 1C}{2}$

عندما ينتقل الضوء من وسطٍ ذو كثافةٍ ضوئية أعلى إلى وسطٍ ذو كثافة أدنى كما يحدث عندما ينتقل الضوء من الزجاج أو الماء إلى الهواء فإن شعاع الضوء ينكسر مبتعداً عن الخط القياسي Normal (الخط الوهمي المتعامد مع السطح) أياً كانت قيمة زاوية سقوط الضوء(زاوية الورود i) طالما أن زاوية سقوط شعاع الضوء أكبر من الصفر:

$i > 0$

$i > 0$

و انها تساوي الزاوية الحرجة ʎ او أنها أكبر منها :

$i \leq ʎ$

فإن جيب الزاوية الحرجة sinʎ يساوي معامل انكسار الوسط الثاني مقسوماً على معامل انكسار الوسط الأول:

$\sin ʎ = \frac{n2}{n1}$

sinʎ جيب زاوية انكسار الضوء.

n_2 معامل انكسار الوسط الثاني.

n_1 معامل انكسار الوسط الأول.

و بما أن زاوية سقوط شعاع الضوء (زاوية الورود) i تتراوح ما بين صفر و واحد 1 فإن زاوية الانكسار تتراوح ما بين صفر و 90° درجة، اما إذا كانت اكبر من قياس الزاوية الحرجة فإن الذي يحدث عندها هو عملية انكسار كليٍ داخلي للضوء total internal reflection .

حساب الزاوية الحرجة ʎ لوسطٍ ما اعتماداً على معامل انكسار الضوء في ذلك الوسط

إذا كان معامل انكسار الضوء في الماس بالنسبة للفراغ (الخواء) و الهواء يبلغ 2.42 .

احسب قياس الزاوية الحرجة ʎ في الماس عندما ينتقل الضوء بينه و بين الهواء.

الحل:

لحساب قياس الزاوية الحرجة ʎ في الماس فإننا نطبق قانون سنيل :

إن جيب الزاوية الحرجة ʎ sin يساوي معامل انكسار الهواء او الفراغ n_{air}

و هو يساوي 1 مقسوماً على معامل انكسار الماس $n_{diamond}$ $n_{هواء}$

$n_{ماس}$.

$\sin ʎ = \frac{n\ air}{n\ diamond}$

$جيب الزاوية الحرجة = \frac{n\ هواء}{n\ ماس}$

نعوض الرموز بالقيم الرقمية المتوفرة لدينا :

$\sin ʎ = \frac{1}{2.42} = 0.4132231405$

علينا الانتباه جيداً إلى ان هذا الرقم لا يمثل قياس الزاوية الحرجة ʎ و إنما فإنه يمثل جيب الزاوية الحرجة sinʎ .

لحساب قياس الزاوية الحرجة ʎ اعتماداً على قيمة جيب الزاوية الحرجة sinʎ فإننا نستخدم الوظيفة المعاكسة لوظيفة الجيب sin في الالة الحاسبة و هي وظيفة الجيب المرفوع للقوة السلبية الأولى $\sin^{-1}$:

$\sin^{-1}(0.4132231405)$

$Asin(0.4132231405)=24.40°$

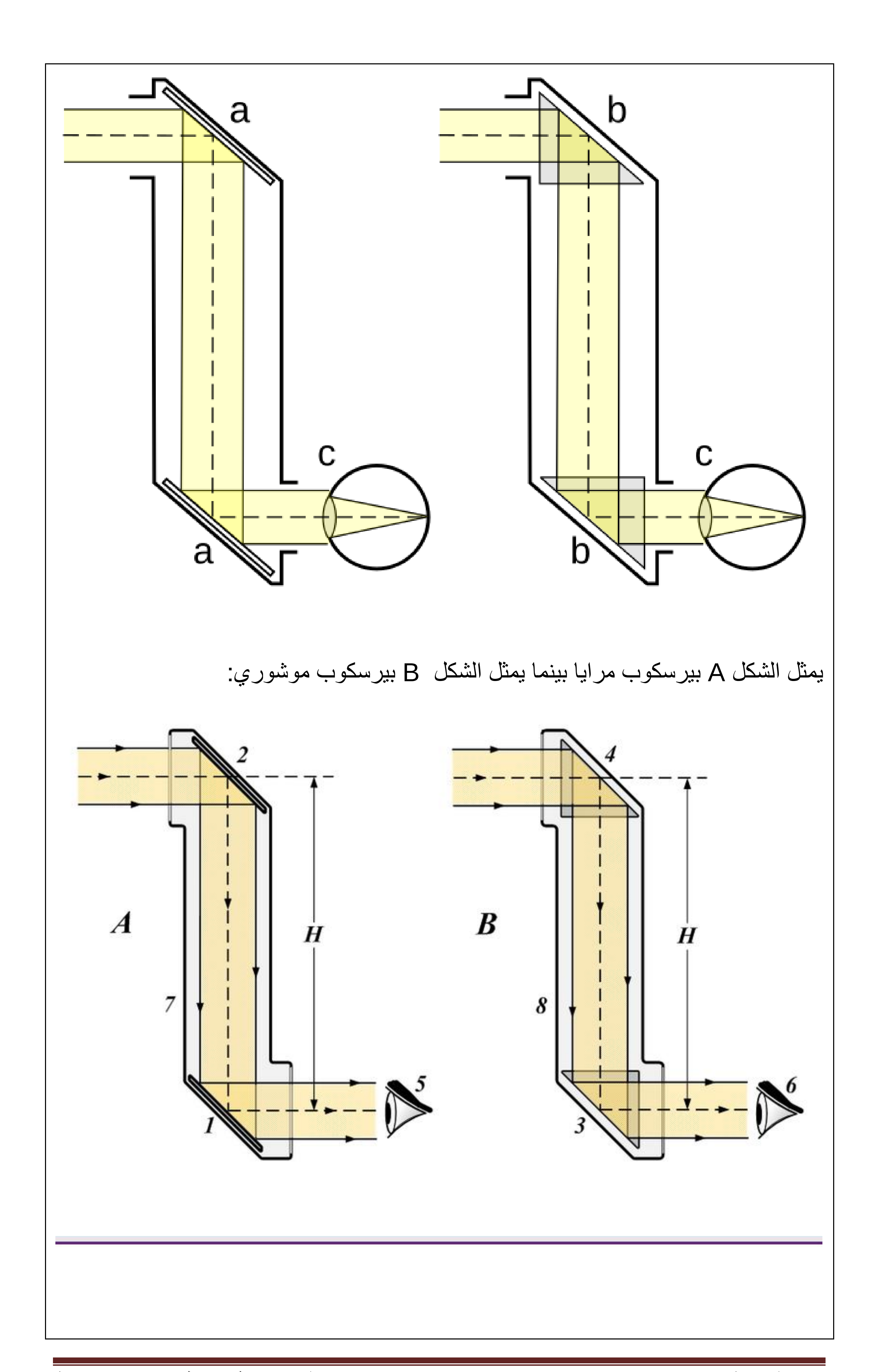
24.40° هو قياس الزاوية الحرجة λ التي يشكلها شعاع الضوء المنكسر ما بين الماس و الهواء.
زاوية انكسار الضوء الحرجة λ ما بين الماس و الهواء.
نظراً لمعامل الانكسار الكبير للماس فإن الزاوية الحرجة λ ما بين الماس و الهواء تكون ضئيلةً نسبياً.

البريسكوب الموشوري Prism periscope

يتألف البيروسكوب الموشوري من موشورين زجاجيين يبلغ قياس زواياهما °45-°45-°90 يسقط الضوء بشكلٍ عمودي على سطح الموشور دون ان يحدث أي تشتت للضوء ثم يسقط الضوء على السطح الآخر للموشور اي وتر المثلث hypotenuse (أطول ضلع في المثلث القائم الزاوية و الضلع الوحيد المائل في المثلث القائم الزاوية) حيث يصطدم شعاع الضوء بوتر الموشور الزجاجي بزاوية سقوطٍ تبلغ °45 درجة ، و لأن الزاوية الحرجة λ critical angle ما بين الزجاج و الهواء هي تقريباً °42 فإن الضوء يخضع لانعكاس كلي داخي و يغادر الموشور الزجاجي الأول إلى الموشور الثاني دون ان ينكسرو الأمر ذاته يحدث في الموشور الثاني.
علل

لماذا يخضع الضوء لانعكاس كليٍ داخلي داخل الموشورين الزجاجيين دون ان ينكسر ذلك الضوء؟
لأن الضوء يسقط على وتر الموشور بزاوية سقوطٍ تبلغ °45 درجة بينما الزاوية الحرجة لانكسار الضوءλ ما بين الزجاج و الهواء تبلغ تقريباً °42 درجة ، اي ان زاوية سقوط الضوء أكبر من الزاوية الحرجة λ و لذلك لا ينكسر الضوء في الموشور.
و يمكن ان يصنع البير سكوب كذلك من مرآتين مستويتين لأن المرايا تعكس و تكسر الضوء بينما الموشور الزجاجي عندما يسقط عليه الضوء بزاويةٍ أكبر من الزاوية الحر جة فإنه يقوم بعكس الضوء و حسب.
يُنتج البيرسكوب الموشوري صورةً أكثر حدةً و وضوحاً من الصورة التي ينتجها بيرسكوب المرايا كما أن البيرسكوب الموشوري أكثر احتمالاً ً للصدمات(التي تؤدي إلى كسر المرايا) من بيرسكوب المرايا.

يمثل الشكل a بيرسكوب مرايا بينما يمثل الشكل b بيرسكوب موشوري:



يمثل الشكل A بيرسكوب مرايا بينما يمثل الشكل B بيرسكوب موشوري:

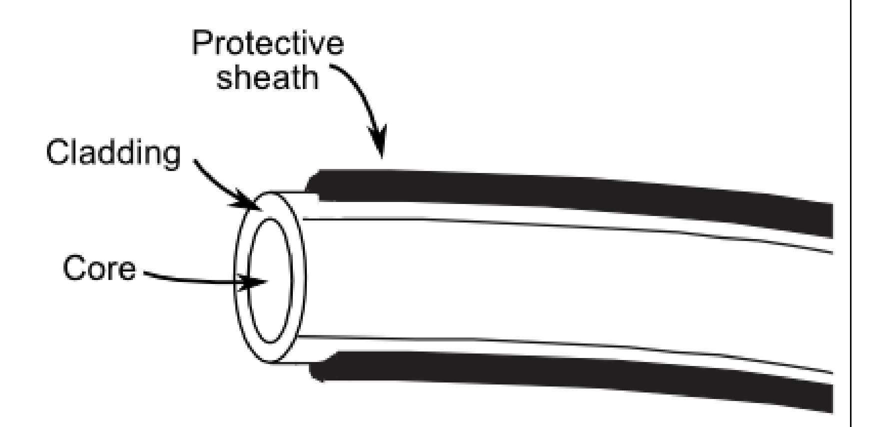
الألياف الضوئية Optical Fibers

تعتبر الألياف الضوئية إحدى أهم تطبيقات ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي total internal reflection .

إن أي ضوءٍ يدخل إلى الليف الضوئي فإنه ينتقل إلى نهايته حتى و إن تعرض ذلك الليف الضوئي للثني.

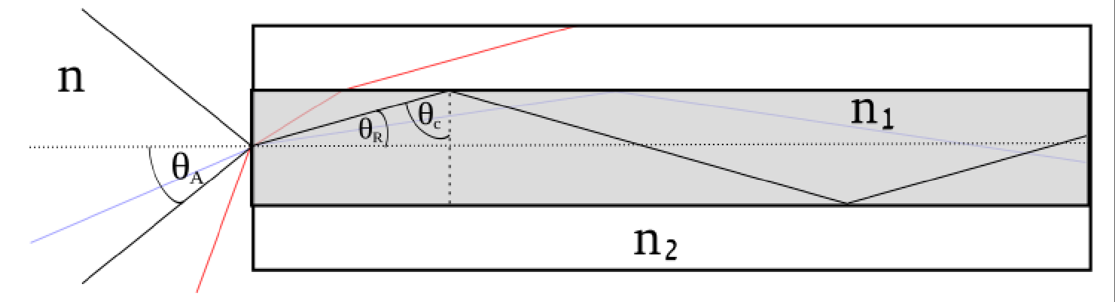
يتألف الليف الضوئي من ثلاث طبقات هي :

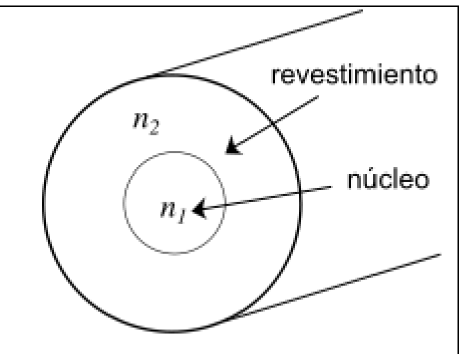
قلبٌ زجاجي مركزي ذو معامل انكسار refractive index مرتفع للضوء و طبقةٌ زجاجية وسطى ذات معامل انكسار أكثر انخفاضاً و هذه الطبقة تدعى بطبقة الكسوة cladding ، و يحيط بالليف الضوئي غلافٌ بلا ستيكي واقي.



آلية عمل الليف الضوئي:

عندما يصل الضوء إلى أحد طرفي الليف الضوئي فإنه يصطدم بحدود الطبقة الشفافة الوسطى بزاويةٍ أكبر من قياس الزاوية الحرجة λ فيحدث انعكاس داخلي كلي للضوء حيث تعمل طبقة الكسوة الشفافة التي تتميز بمعامل انكسار n أدنى من معامل القلب الزجاجي كمرآةٍ عاكسة تحيط بنواة الليف الضوئي و بذلك فإن أي ضوءً يحاول الإفلات من الليف البصري سوف يخضع لظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي عند اصطدامه بطبقة الكسوة المرآتية cladding و بذلك فإن الضوء سوف يرغم على الانتقال في الليف الضوئي حتى يبلغ نهايته.





و نظراً لانعدام الفاقد في البيانات عند نقلها بالليف الضوئي فإن الألياف الضوئية تستخدم في نقل الصور في المناظير الطبية endoscope.

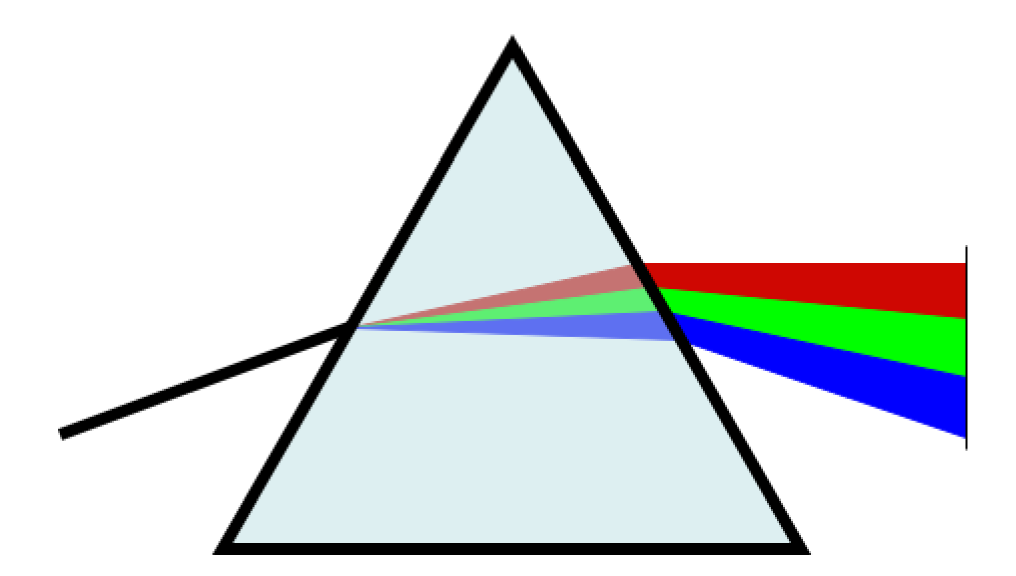
تصلح الألياف الضوئية للاستخدام في مجال الاتصالات و كابلات التلفزيون و الأنترنت تقريباً دون أن يحدث أي فاقدٍ أو ضياعٍ في البيانات.

تشتت الضوء Dispersion of light

تعتمد سرعة الضوء على معامل الانكسار refractive index لذلك الوسط و لقد بينت التجارب بان عامل الانكسار هذا يرتبط بلون ذلك الوسط الشفاف أي أن سرعة الضوء في وسطٍ شفاف تعتمد على لون ذلك الوسط.

إن ارتباط معامل انكسار الضوء بلون الوسط يعرف بتشتت الضوء dispersion of light .

يعتبر السير إسحق نيوتن أول من أجرى تجارب على تشتت الضوء و ذلك باستخدام موشورٍ زجاجي .



لقد استنتج نيوتن من تجارب تحليل ضوء الشمس بواسطة موشور زجاجي الاستنتاجات التالية:

ضوء الشمس الأبيض اللون هو في الحقيقية ضوءٌ مركب يمكن تحليله إلى مكوناته من الألوان الأحادية monochromatic باستخدام موشور زجاجي.

الضوء الأحادي اللون monochromatic غير قابلٍ للتحليل إلى مكوناتٍ ضوئية أخرى و هذا الضوء البسيط الأحادي اللون يخضع لقوانين انعكاس و انكسار الضوء.
إن سرعة الضوء في وسطٍ شفافٍ ما يعتمد على لون ذلك الوسط، و في الحقيقة فإن نيوتن لم يتحدث في إطروحته عن وجود ارتباطٍ ما بين سرعة الضوء و لون ذلك الوسط و إنما تحدث بأن هنالك ارتباطٌ ما بين لون ذلك الوسط و درجة انكسار الضوء في ذلك الوسط.
يختلف معامل انكسار indices of refraction (جمع) الأوساط الشفافة المختلفة باختلاف ألوانها حيث يكون معامل الانكسار الأدنى مرتبطٌ باللون الأحمر بينما يرتبط معامل الانكسار الأعلى باللون البنفسجي.
و لكن علينا الا نتباه إلى أنه في الفراغ تكون لجميع الألوان السر عة ذاتها.

تعزى ظاهرة السراب mirage إلى خاصية الانكسار المتعدد – انتبه الانكسار المتعدد multiple refraction و ليس الانعكاس المتعدد multiple reflection .
و يتشكل السراب نتيجة ظاهر ة الانكسار المتعدد الناتج عن حدوث تغير ٍ أو تباينِ في معامل الانكسار refractive index في طبقات الهواء المختلفة و ذلك بسبب تباين درجات الحرارة بين طبقات الهواء المختلفة العليا و القر يبة من سطح الأرض .
و يتسبب انكسار الضوء في تشكيل صور ٍ معكوسة inverted images للكائنات و الأشياء الموجودة في الصحراء أو على الطر ق العامة في الأيام الشديدة الحرار ة، كما يتسبب انكسار الضوء المتعدد في حدوث انعكاس لصورة السماء على أرض الصحراء و هو الأمر الذي يبدو كواحةٍ في الصحر اء



ظاهرة قوس قزح

بعد تساقط الأمطار مباشر ةً و ظهور الشمس من بين الغيوم فإن اشعة الشمس البيضاء تتساقط على قطرات المطر التي ما تزال معلقةً في الهواء فتخضع أشعة الشمس ضمن قطرات المطر للانكسار فتحلل إلى مكوناتها الضوئية و بعد ذلك فإن الضوء المشتت dispersed light يخضع لانعكاس جزئي داخلي من على السطح الداخلي لقطرات المطر و في النهاية فإن الأشعة الضوئية تخرج من قطرات المطر بعد أن تكون قد تعرضت للانكسار مر ةً أخرى بزاويةٍ مختلفة.

إن اللون البنفسجي يخضع لأكبر قدرٍ من التشتت بينما اللون الأحمر يخصع لأدنى قدر ٍ من التشتت و هذا الأمر يفسر ترتيب الألوان في الموشور الزجاجي في قوس قزح حيث يكون اللون البنفسجي في الأسفل بينما يكون اللون الأحمر في الأعلى.

حساب قوة التكبير Magnification

قوة التكبير = ارتفاع الصورة\ارتفاع الجسم المرئي.

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{ارتفاع الصورة}}{\text{ارتفاع الجسم المرئي}}$$

طابع بريدي يبلغ ارتفاعه 20 mm مليمتر تتم معاينته باستخدام عدسة مكبرة تُظهر صورته الافتراضية بارتفاع 45 mm مليمتر ، فكم تبلغ قوة التكبير في هذه العدسة؟

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{ارتفاع الصورة}}{\text{ارتفاع الجسم المرئي}} = \frac{45}{20} = 2.25$$



تذكر دائماً بأن التكبير و التضخيم نسبة بين قيمتين و كما هي حال أي نسبة بين قيمتين لا وحدة قياسِ لها :

$\frac{45mm}{20\ mm}$=~~2.25 mm~~ (خطأ قاتل)

$\frac{45mm}{20\ mm}$=2.25 (صح)

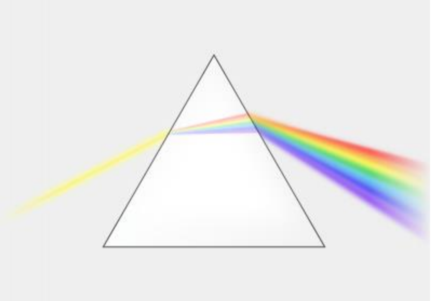
لا تضع وحدة قياس لأي نسبةٍ بين قيمتين.

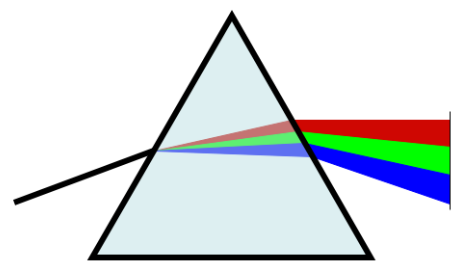
يختلف لون الضوء باختلاف تردده و بالنسبة لنا فإن الأضواء ذات الترددات المختلفة تبدوا لنا بألوان مُختلفة و إذا اختلطت أضواءٌ من تردداتٌ متباينة مع بعضها البعض فإن الناتج يكون ضوءٌ أبيض اللون.

و يُمكننا تحليل الضوء الأبيض اللون إلى مكوناته المُختلفة باستخدام موشور زجاجيprism و هو عبارةٌ عن كتلةٍ مثلثة أو هرمية الشكل من الزجاج .

آلية عمل الموشور الزجاجي:

يقوم الزجاج بكسر كل ترددٍ لوني على حدة : الألوان ذات التردد الأعلى كاللون البنفسجي violet تكون أكثر قابليةً للانكسار من الأضواء ذات الترددات المنخفضة كاللون الأحمر و بالتالي فإن الموشور يقوم بتحليل الضوء إلى مكوناته على شكل طيفٍ ضوئي يتألف من سبعة الوان غير أن مُعظم الناس يرونها كستة ألوانٍ فقط لأن معظم الناس لا يستطيعون تمييز اللون النيلي indigo عن اللون الأزرق.





يبلغ طول موجة wavelength اللون الأحمر في الهواء و الخواء 665 nanometers نانوميتار أي 665 من البليون من المتر.
يبلغ طول موجة اللون البرتقالي 600 nm نانو ميتار .
يبلغ طول موجة اللون الأصفر 570 nm نانو ميتار.
يبلغ طول موجة اللون الأخضر 520 nm نانو ميتر.
يبلغ طول موجة اللون الأزرق 475 nm نانو ميتار.
يبلغ طول موجة اللون النيلي 445 nm نانو ميتار.
يبلغ طول موجة اللون البنفسجي 400 nm نانو ميتار.

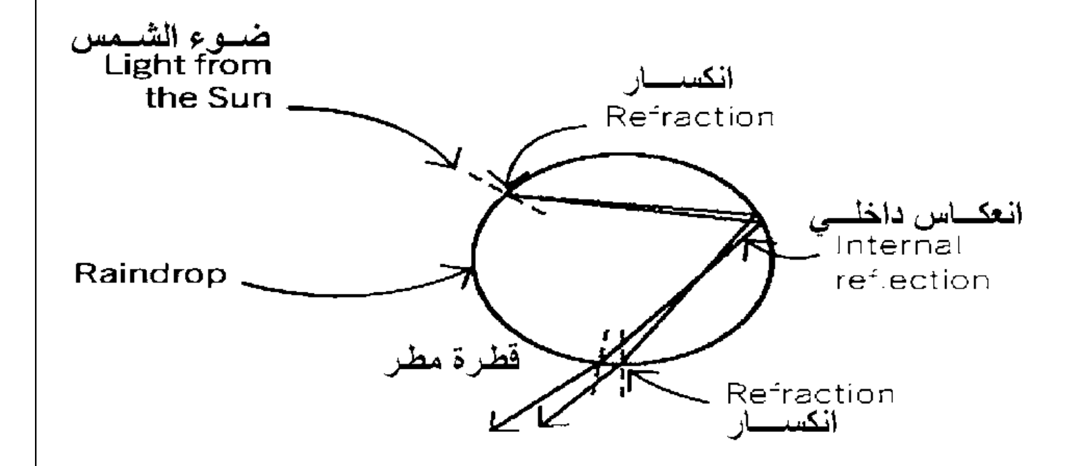
كلما كان طول الموجة wavelength أكبر قل عدد الموجات في الثانية الواحدة و انخفض التردد ، و كلما كان طول الموجة أقصر ازداد عدد الموجات في الثانية الواحدة و ارتفع التردد.

ترددات الألوان من اللون الأطول موجة و التردد الأدنى (اللون الأحمر red) نحو اللون الأقصر موجةً و الأعلى تردداً (اللون البنفسجي violet) مجموعةً في كلمة (رويج بيف) ROYGBIV (الحروف الأولى من الأسماء الانكليزية لكل لون).
تظهر الترددات المختلفة للضوء المرئي على شكل ألوانٍ مختلفة .
اللون الأبيض هو مزيجٌ من عدة تردداتٍ لونية (جميع الترددات اللونية القابلة للرؤية).



ينتج قوس قزح rainbow عن ظاهرتي انعكاس و انكسار الضوء في قطرات المطر فعندما تسقط أشعة الشمس على قطرة المطر بزاويةٍ قائمة 90° درجة فإن قطرة المطر تكسر الضوء داخلها ثم يعود الضوء فينعكس داخل قطرة المطر ثم ينكسر مرةً أخرى أثناء خروجه من قطرة المطر ، و هذا الضوء الذي ينكسر ضمن قطرة المطر يظهر على شكل قوس قُزح.

إن انكسار الضوء refraction يحدث دائماً بين وسطين مُتباينين كالهواء و الماء أو الهواء و الزجاج مثلاً و لذلك فإنه يحدث عند دخول أشعة الشمس قطرة المطر أي بين الهواء و الماء ، ثم يحدث ثانيةً عند خروج شُعاع الشمس من قطرة المطرأي بين الماء و الهواء .



أما الانعكاس فيحدث مرةً واحدة داخل قطرة المطر و أحياناً ينعكس الضوء مرتين داخل قطرة المطر بدلاً من مرةٍ واحدة و في تلك الحالة يظهر قوس قزحٍ آخر ثانوي secondary rainbow و لكن بترتيب ألوانٍ مُعاكس.

يتألف الضوء الأبيض من مزيجٍ من جميع ألوان الطيف المرئي ، و عندما تسقط أشعة الضوء على سطحٍ ما فإن بعض أطوالٍ الموجات wavelength يتم امتصاصها بينما يتم عكس أطوالُ موجاتٍ أُخرى .
إن لون أي جسم يعتمد على أطوال الموجات التي يعكسها ذلك الجسم.



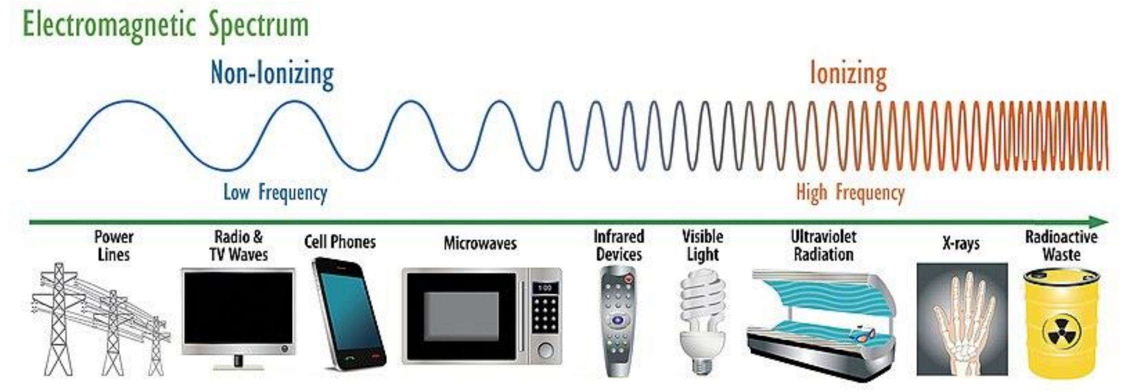
المُرشحات اللونية Color filters

المُرشحات اللونية هي أية مواد شفافة ملونة (كالزجاج الملون مثلاً) حيث يعتمد لون تلك المواد الشفافة الملونة على أية أطوال موجات ستقوم تلك المواد الشفافة بامتصاصها و أي أطوال موجات (ألوان) ستقوم تلك المواد الشفافة بتمريرها.
إن المُرشحات اللونية لا تُضيف ألواناً للضوء و لكنها تقوم بامتصاص أطوال موجاتٍ معينة (ألوان) و تمرر أطوال موجاتٍ (ألوان) أخرى، فالمرشح اللوني الأزرق مثلاً يمتص جميع أطوال الموجات(الألوان) باستثناء اللون الأزرق.

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves

تنتقل جميع الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء أي بسرعة 300 000 000 m/s متر في الثانية ، و لا تحتاج الموجات الكهرومغناطيسية لوسطٍ مادي حتى تنتقل فيه حيث أنها تستطيع الانتقال في الخواء(الفراغ) .

الطيف الكهرومغناطيسي electromagnetic spectrum



يتم إنتاج الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق تسريع الإلكترونات ذلك أن الإلكترونات عندما تهتز نحو الأمام و الخلف بترددٍ معين فإنها تُطلق موجاتٍ راديوية و هذه الموجات تُستخدم في أغراض الاتصالات.
يتراوح طول الموجة الكهرومغناطيسية في الموجات الراديوية ما بين بضعة مليمترات و آلاف الكيلومترات ، أما موجات أشعة غاما gamma ray فيكون طول موجتها في حجم الذرة.
كلما كان طول موجة الإشعاع الكهرومغناطيسي أقصر كان تردده أعلى و كان مقدار الطاقة الذي ينقله أكبر حيث تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية في نقل الطاقة من الذرة التي تُنتجها إلى الذرة التي تمتص تلك الطاقة.
الموجات الكهرومغناطيسية هي موجاتٌ عرضية transverse waves .
تُستخدم الموجات الراديوية في مجال الاتصالات و البث .
تستطيع الموجات الراديوية الطويلة الالتفاف حول العقبات الطبيعية و بذلك فإنها تصل إلى غايتها
.
ينطبق هذا الأمر فقط على الموجات الكهرومغناطيسية الطويلة فموجات البث الفضائي القصيرة تحتاج لوجود خط نظرٍ مستقيم خالٍ من أي عقبات ما بين القمر الصناعي و طبق استقبال البث الفضائي.

الموجات الصغروية (المايكروويف) هي موجاتٌ راديوية قصيرة طول الموجة short-wavelength .

تقوم جزيئات الماء الموجودة في الطعام بامتصاص مجالٍ معين من الترددات و هذا المجال الترددي يُستخدم في تسخين الطعام في أفران المايكروويف.

الأشعة تحت الحمراء infrared

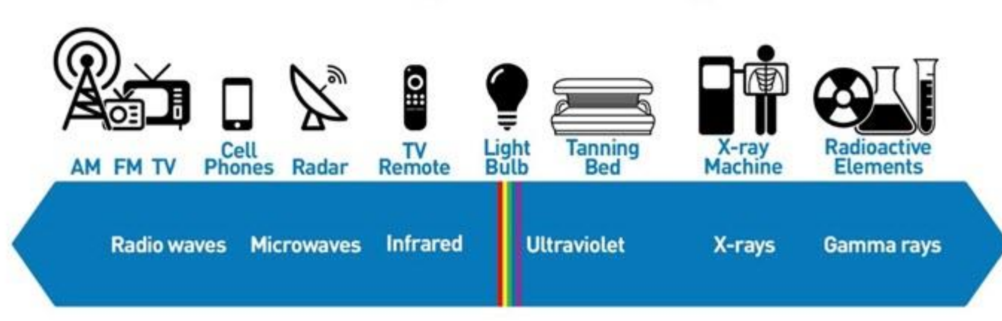
الأشعة تحت الحمراء هي الحرارة التي نشعر بها قرب النار أو عند التعرض لأشعة الشمس كما أن أجهزة التحكم عن بعد تعمل على الأشعة تحت الحمراء.

يتم إنتاج الضوء على مستوى الذرة بما هو موجاتٌ كهرومغناطيسية عندما تنتقل الالكترونات من مستوى طاقة مرتفع high-energy level أي مدار ذري مرتفع إلى مستوى طاقة منخفض(مدار ذري منخفض).

أما تردد و طول موجة الضوء فإنهما يرتبطان بمقدار المسافة التي يقطعها الإلكترون عند انتقاله من المدار العالي إلى مدارٍ منخفض حيثُ يُطلق الإلكترون مقداراً من الطاقة عندما ينتقل من مدارٍ خارجي على الذرة (مدارٍ ذو طاقةٍ أعلى) إلى مدارٍ داخلي منخفض (ذو طاقةٍ أدنى) .

الأضواء الشمالية - الشفق القُطبي aurora borealis

تُنتج ذرات الأوكسجين الموجودة في الغلاف الجوي في منطقة القطب ضوءً أخضر اللون عند اصطدامها بجسيماتٍ عالية السرعة نُصدرها الشمس و هذا الضوء هو سبب ظاهرة الشفق القُطبي(الأضواء الشمالية).



الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet (UV) و هي الأشعة التي تسبب تسفع البشرة (اسمرارها) و تُستخدم هذه الأشعة في قتل الفيروسات و البكتيريا .

أشعة اكس X-rays : هي موجاتٌ كهرومغناطيسية عالية الطاقة تستطيع اختراق الأنسجة و المواد الطرية و لكنها لا تستطيع اختراق العظم و المواد الصُلبة و لذلك فإنها تُستخدم في المجالات الطبية كما تُستخدم في تفتيش الحقائب في المطارات.

أشعة غاما Gamma rays تقومُ هذه الأشعة بإطلاق المواد المُشعة و تُستخدم في تعقيم الأدوات الطبية و إنتاج صورٍ طبية و قتل الخلايا السرطانية.

يتم إنتاج الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق تسريع الإلكترونات فعندما تهتز الإلكترونات نحو الأمام و الخلف بترددٍ معين فإنها تُطلق موجاتٍ راديوية و هذه الموجات الراديوية تُستخدم في مجال الاتصالات.

يتم إنتاج الموجات الراديوية عن طريق التيار الكهربائي المتناوب و الذي يجعل الإلكترونات تهتز نحو الأمام و الخلف في الهوائي.

إن تردد الموجات الراديوية هو ذات تردد التيار المُتناوب و هذه الموجات الراديوية تُحرض في هوائي استقبال البث تياراً كهربائياً مُتناوباً مماثلاً لتيار البث المتناوب.

يتم بث البيانات على شكل تغيرٍ في تردد (ارتفاع amplitude) الموجة .

عملية البث:

تهتز الإلكترونات في هوائي البث نحو الأمام و الخلف بتأثير تيارٍ كهربائيٍ متناوب و هذا الأمر يجعل الهوائي يُطلق موجاتٍ راديوية.

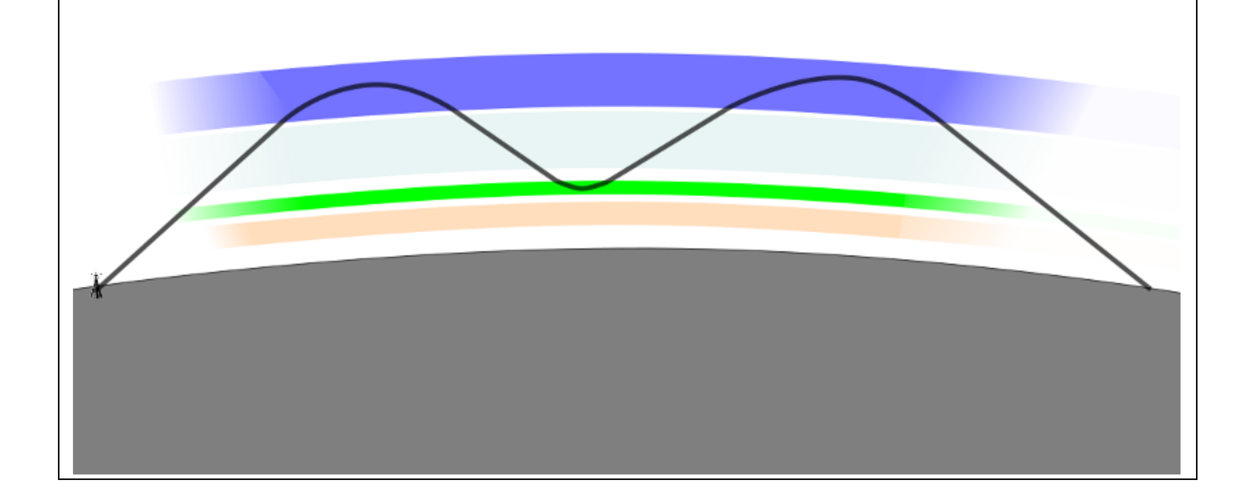
يقوم هوائي البث ببث موجات الراديو في جميع الاتجاهات تتحرك بسرعة الضوء أما ترددها فهو ذات تردد التيار المُتناوب(تيار البث المُتناوب)، و عندما تصل تلك الموجات إلى هوائي استقبال فإن طاقة الموجات الراديوية تجعل الإلكترونات تهتز من جديد مُنتجةً تياراً مُتناوباً يُماثل تردده تيار البث المُتناوب.

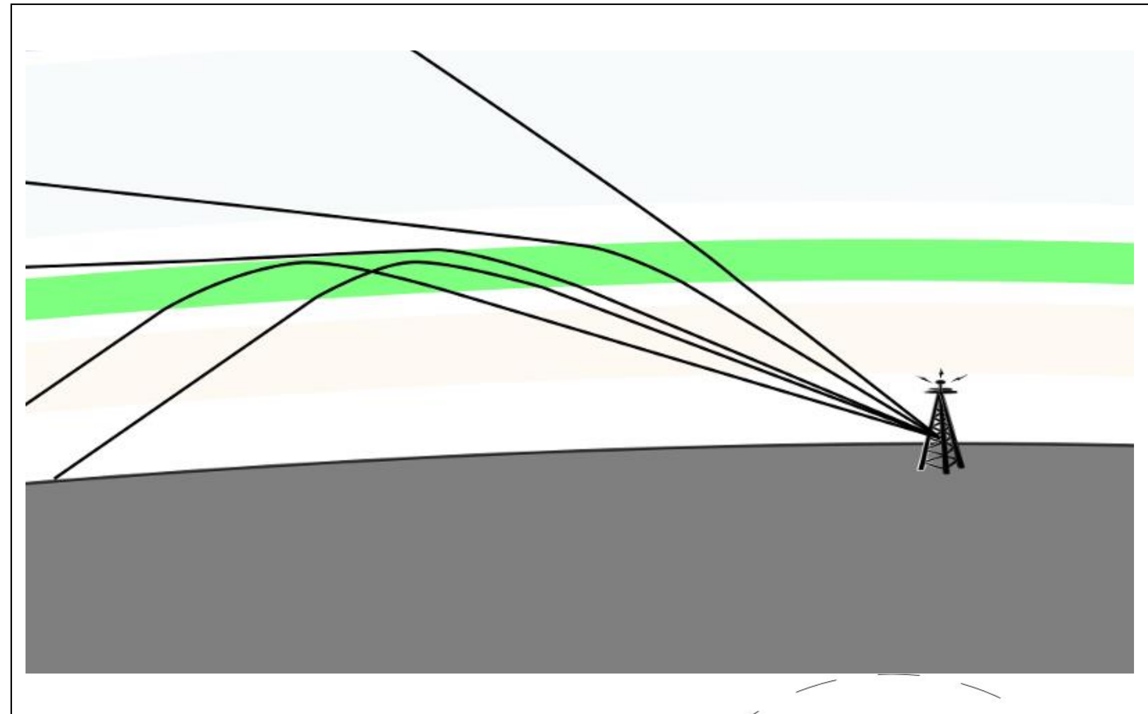
يُمكن للموجات الراديوية التي تُستخدم في مجال الاتصالات أن تكون ذات تردداتٍ مُنخفضة يصل طول موجتها wavelength إلى عدة كيلومترات و يمكن كذلك للموجات الراديوية أن تكون ذات تردداتٍ عالية لا يتجاوز طول موجتها بضعة سنتمترات.

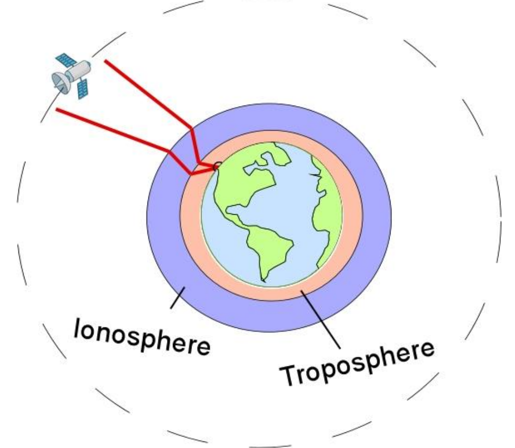
لا يُمكن للموجات ذات الترددات المرتفعة أن تنتقل إلا في مسارات مُستقيمة و لذلك فإنها لا تستطيع الالتفاف حول العوائق الطبيعية و لهذا السبب يجب أن يكون هنالك خط نظرٍ وهمي مفتوحٌ تماماً ما بين القمر الصناعي و طبق استقبال البث الفضائي.

أما الموجات الراديوية ذات الترددات المنخفضة فإنها تتعرض للانعكاس دائماً عندما تصطدم بعد بثها بطبقة الغلاف الجوي المتأين (الأيونوسفير) ionosphere و هي عبارة عن طبقة من طبقات الغلاف الجوي العليا مشحونة بالكهرباء و هذا الانعكاس يُمكن موجات البث من الانتقال لمسافاتٍ كبيرة .

أما موجات البث الراديوية الشديدة الانخفاض فإنها تنتقل قريباً جداً من سطح الأرض.







خطر الموجات الكهرمغناطيسية

كلما كان تردد الموجة المغناطيسية أعلى كانت حمولتها من الطاقة أكبر و بالتالي كان ضررها أكبر.

إن كلاً من أشعة غاما Gamma ray و أشعة إكس X-ray و الأشعة فوق البنفسجية العالية التردد هي جميعاً إشعاعاتٌ مُتأينة و هي تمتلك ما يكفي من الطاقة لانتزاع الإلكترونات من الذرة و كسر الروابط الكيميائية و هو الأمر الذي يؤدي إلى إحداث تغيراتٍ بالغة الخطورة مُطفرة أو مُسرطنة في بنية جُزيئات الكائنات الحية.

لا تستطيع الأشعة الفوق بنفسجية اختراق الجلد و لكنها تستطيع إحداث سرطان الجلد و إلحاق الضرر بأنسجة العين.

أشعة إكس

تستطيع أشعة إكس اختراق الأنسجة الحية الرخوة و تتسبب في إحداث تبدلاتٍ في الحمض النووي DNA و هو الأمر الذي قد يؤدي إلى إحداث طفراتٍ وراثية و أورام خبيثة.

تُقاس جرعة أشعة إكس بوحدة السيفيرت Sieverts .

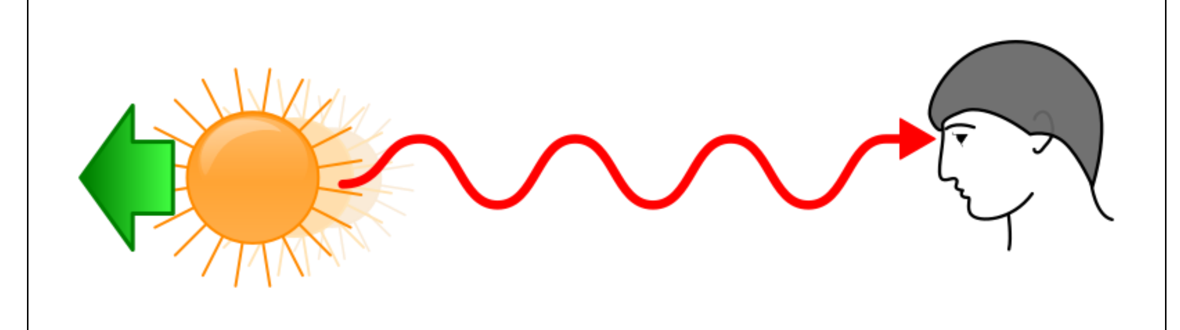
إن أشعة غاما هي الأشد خطورةً ذلك أنها تخترق الجسم و تُدمر الحمض النووي دي إن إي DNA و تتسبب في إحداث الأورام الخبيثة.

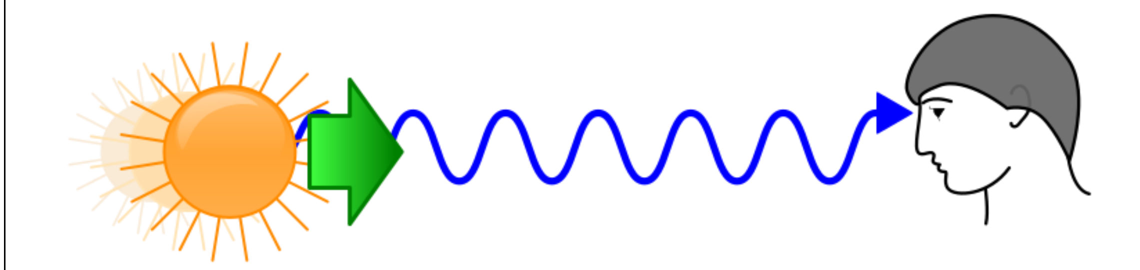
و بالمقابل فإن الأشعة الفوق بنفسجية تساعد الجسم على إنتاج فيتامين د كما أن أشعة إكس تستخدم في اكتشاف مواضع نخر الأسنان و تشققات العظام بينما تستخدم أشعة غاما Gamma في اكتشاف و تدمير الخلايا السرطانية.

الأشعة الفوق بنفسجية تردداتها منخفضة نسبياً.
أشعة إكس تردداتها متوسطة.
أشعة غاما تردداتها عالية.

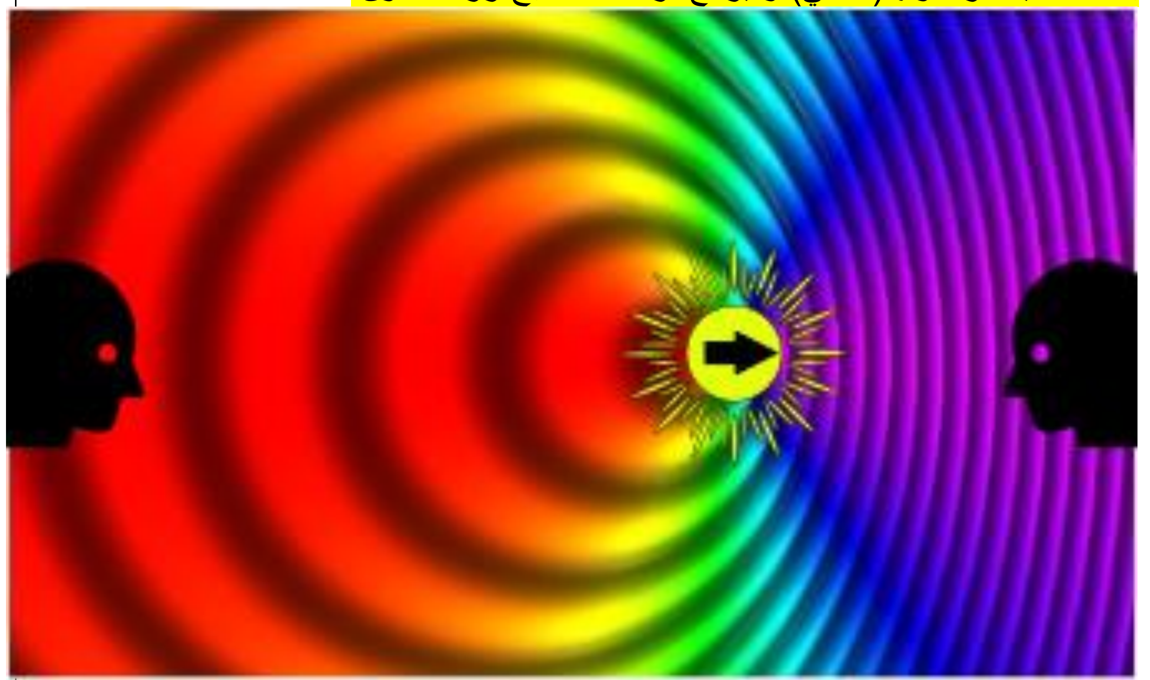
Redshift الإبدال الأحمر- الانزياح الأحمر

يكون طول موجة الضوء الصادرة عن مجراتٍ فضائية بعيدة أكبر من طول موجة الضوء الآتي من مصدر قريب و هذه الظاهرة تعرف بظاهرة الإبدال الأحمر و التي تؤكد بأن الكون في حالة توسع دائمة.
إن الموجات الضوئية الآتية من أجسام مبتعدة (تتحرك بعيداً عنا) (الهاربة منا receding) يكون طول موجتها أكبر قليلاً و كلما كان الجسم الذي يبتعد عنا أكبر سرعةً كان طول موجته أكبر .
و قد تبين بأن المجرات الأكثر بعداً عنا تكون أسرع ابتعاداً عنا و هذا يؤكد بأن الكون في حالة توسعٍ دائمة و يدعم نظرية الا نفجار العظيم The big bang .
و يوصف الانزياح الأحمر بأنه زيادة في الطول الموجي للضوء؛إن زيادة الطول الموجي تؤدي إلى انخفاض التردد و هو أمر يؤدي إلى حدوث انزياحٍ نحو اللون الأحمر، و الضوء الأحمر نفسه سوف ينزاح متحولاً إلى أشعة تحت حمراء و عن طريق هذه الظاهرة تتحول إشارات الراديو ذات الموجة القصيرة (الطول) إلى موجة راديوية أطول. يسمى التحول المعاكس في الطول الموجي إلى الطول الموجي الأقصر بالتحول الأزرق.
علل حدوث ظاهرة الانزياح الأحمر:
لأن بعد الجسم المضيئ و عدم تعرض الموجات الضوئية للضغط يؤدي إلى تمدد الموجة و اتساعها و زيادة طولها(الأفقي) و هو الأمر الذي يؤدي بالضرورة إلى انخفاض التردد و هو الأمر الذي يؤدي إلى تحول لون الضوء الصادر عن ذلك الجسم الذي يبتعد عنا إلى اللون الأحمرلأن الضوء الأحمر ذو ترددٍ منخفض.





يتحرك الجسم المضيء نحو الجهة اليمنى و لذلك فإن ضوءه يبدو أزرق اللون بالنسبة للشخص الذي يتحرك نحوه لأن الموجات الضوئية تنضغط بين الجسم المضيء و الشخص الذي تتحرك باتجاهه فيقصر طولها(الأفقي) و يرتفع ترددها فتصبح زرقاء اللون.



يتحرك الجسم المضيء نحو الجهة اليمنى و لذلك فإن ضوءه يبدو أحمر اللون بالنسبة للشخص في الجهة اليسرى الذي يتحرك الجسم المتحرك بعيداً عنه لأن الموجات الضوئية تتمدد بين الجسم المضيء و الشخص الذي تتحرك بعيداً عنه فيزداد طولها(الأفقي) و ينخفض ترددها فتصبح حمراء اللون.

إن الكواكب و النجوم التي تبتعد عنا تبدو حمراء اللون و هذا يعزى إلى ظاهرة الإبدال أو الانزياح الأحمر Redshift و التي تعني حدوث زيادة في طول الموجة الضوئية الصادرة عن مجراتٍ بعيدة آخذة في الابتعاد عنا لأن الموجات الضوئية الصادرة عن مجرةٍ أو نجم يبتعد عنا تكون في حالة تمدد و بالتالي فإنها تكون أطول (قياس أفقي) و بالتالي يكون ترددها أدنى و لذلك فإنها تظهر بلونٍ أحمر لأن اللون الأحمر ذو ترددٍ منخفض بل إن تردده هو الأكثر انخفاضاً.

الانزياح الأزرق –التحول الأزرق Blueshift

الانزياح الأزرق هو عكس الانزياح الأحمر، والأخير أكثر شهرة بسبب أهميته في علم الفلك الحديث.

التحول الأزرق هو ظاهرة تحول تردد الموجة الكهرومغناطيسية (مثل الضوء) المنبعثة من مصدر يتحرك نحو الراصد أو المشاهد إلى الجانب الأزرق من الطيف الكهرومغناطيسي (أي أن طول موجته ينخفض).

تُعرف ظاهرة إزاحة الأطوال الموجية بإزاحة دوبلر أومؤثر دوبلر.

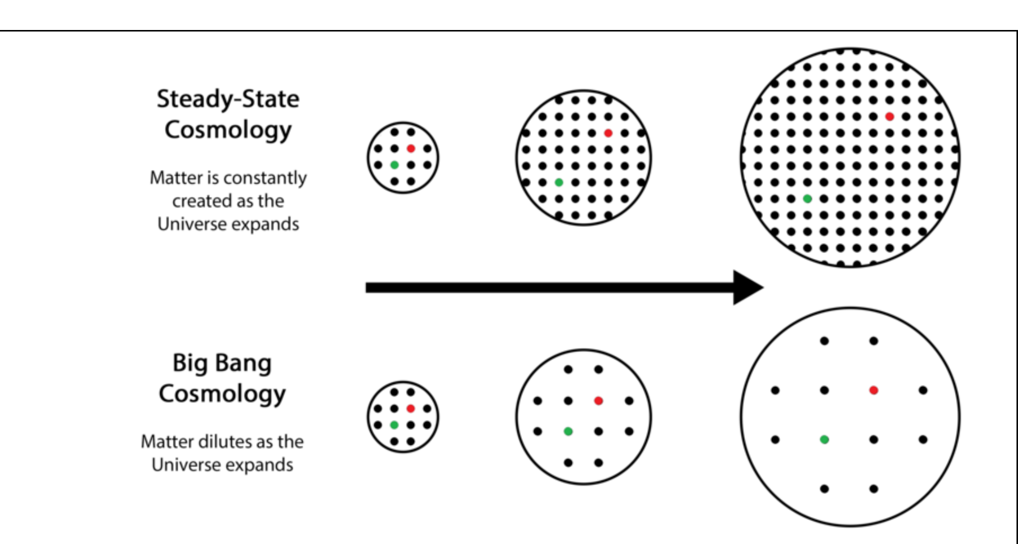
Doppler effect-Doppler shift

الإبدال الأزرق Blueshift

إن الموجات الضوئية الصادرة عن جسم يقترب منا تكون موجاتٍ مضغوطة بيننا و بين ذلك الجسم و لذلك يكون طول موجتها أقصر و بالتالي فإن ترددها يكون أعلى و لذلك فإنها تبدوا زرقاء اللون و هذه الظاهرة تُعرف بظاهرة الإبدال الأزرقأو الانزياح الأزرق.

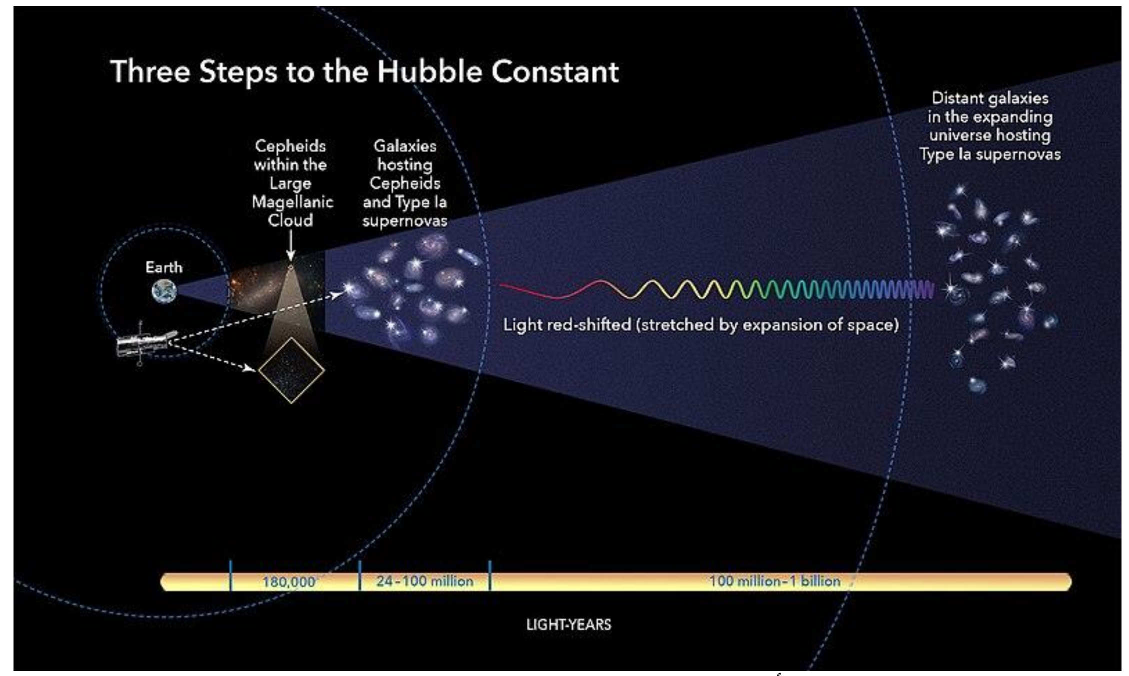
الانفجار العظيم big bang

الانفجار العظيم هو الانفجار الكوني الذي يُفترض أنه حدد أصل الكون في علم الكونيات الفيزيائي، الانفجار الكبير هو النظرية العلمية التي تقول بأن الكون نشأ من حالة شديدة الكثافة والحرارة منذ حوالي 13.7 مليار سنة. الانفجار الكبير هو نتيجة لسرعات قانون هابل Hubble's law المرصودة للمجرات البعيدة والتي تعني أن الفضاء يتوسع وفقًا لنموذج فريدمانFriedmann للنسبية العامة. وبالاستقراء في الماضي، تظهر هذه الملاحظات أن الكون قد توسع من حالة بدائية.



قانون هوبل Hubble's law

في العام 1929 اكتشف الفلكي الأمريكي أيدوين هوبل Edwin Hubble بأن معظم المجرات تتوجه بعيداً عنا بسرعةٍ تتناسب مع بعدها عنا.
و الحقيقة أن تلك المجرات لا تبتعد عنا و لكن الكون ذاته يزداد اتساعاً مما يزيد بعدها عنا.



تدعى المادة السوداء التي تملأ الكون بالمادة السوداء dark matter و هي تشكل 68% من محتوى الكون أما الطاقة الكونية التي تُغذي عملية توسع الكون فتدعى بالطاقة السوداء Dark energy بينما لا تشكل المادة الاعتيادية إلا نحو 5% من محتوى الكون.
و وفقاً لنظرية الانفجار العظيم فإن توسع الكون بدأ انطلاقاً من نقطةٍ واحدة و وفقاً لهذه النظرية فإن الكون قد نشأ بشكلٍ مُفاجئ من أصلٍ واحد و أن جميع مادة الكون و طاقته قد بدأت في تلك الفترة، و خلال توسع الكون يتم دائماً خلق مادةٍ جديدة حتى تبقى الكثافة واحدة في جميع أجزاء الكون.

نظرية قدم الكون Steady-state model

وفقاً لهذه النظرية فإن الكون كان موجوداً منذ الأزل و لا بداية له غير أن هذه النظرية لم تعد نظريةً مقبولةً علمياً و ذلك بخلاف نظرية الانفجار العظيم.

تتميز جزيئات السوائل و الغازات بأنه تكون في حركةٍ دائمة و أنها تنتقل دائماً من الوسط ذو التركيز الأعلى إلى الوسط ذو التركيز الأدنى بشكلٍ تدريجي إلى أن يحدث تعادلٌ في التركيز بين الوسطين و هذه الظاهرة تُعرف بظاهرة الانتشار diffusion ، كما أن حركة الجسيمات تتسبب فيما يُعرفُ بظاهرة الحركة البروانية Brownian motion و هي الحركة العشوائية للجُسيمات الصغيرة كحركة ذرات الغبار في الهواء.

طبعاً لا نقصد بذرة الغبار ذرة بمعنى الكلمة و إنما جُسيم لأن الذرة لا تُرى بالعين المجردة.

الحركة البروانية Brownian motion

إذا جلست في مكانٍ مظلم تتسلل إليه أشعة الشمس من ثقوب فإنك سوف تلاحظ في مواقع تسلل أشعة الشمس ذرات الغُبار (جُسيمات الغبار) و هي تتحرك بشكلٍ مُستمر حتى في الأماكن التي لا توجد فيها تياراتٌ هوائية ظاهرة ، و هذه الظاهرة تُعرف بظاهرة الحركة البروانية و ذلك نسبةً للعالم الأسكتلندي روبيرت براون Robert Brown الذي درسها في العام 1827 و لكنه لم يتوصل إلى معرفة سبب تلك الحركة حيث لم يحدث هذا الأمر إلا في العام 1905 عندما تمكن ألبيرت آينشتاين من تفسير هذه الظاهرة بأنها اصطدام جسيمات الغبار بجسيمات الهواء.

تهتز الجُسيمات في المواد الصلبة جيئةً و ذهاباً بشكلٍ دائم بينما تتحرك الجُسيمات في السوائل و الغازات بشكلٍ حُر بشكلٍ دائمٍ كذلك.

كلما ازدادت حرارة المادة ازدادت سرعة حركة جزيئاتها.

عندما ترتفع حرارة المادة فإن جُزيئاتها تهتز بشكلٍ أسرع و لمسافاتٍ أبعد و لذلك فإن تلك المادة تتمدد.

الكثافة Density

نعني بالكثافة مقدار الكُتلة الموجودة في حجمٍ ما فإذا كانت لدينا مثلاً قطعة إسفنج و صخرة بالأبعاد ذاتها و الحجم ذاته فإن الصخرة ستكون أعلى كثافةً بكثيرٍ من قطعة الإسفنج لأن قطعة الصخر تحتوي على عددٍ أقل من المسامات الفارغة أو المملوءة بالهواء من قطعة الإسفنج و ثانياً لأن الصخر يتكون من عنصر أو عناصر ذات كتلة ذرية (وزن ذري) atomic mass أكبر من الكتلة الذرية (الوزن الذري) للعناصر التي يتألف منها الإسفنج.



كلما كانت الكتلة الذرية(الوزن الذري) للعنصر أكبر كانت كثافته أكبر و كُتلته أكبر.

المواد التي توصف بأنها مواد ثقيلة كالحجارة مثلاً تتألف من عناصر ذات كتلةٍ ذرية (وزنٍ ذري) أكبر من الكتلة الذرية (الوزن الذري) للعناصر التي تؤلف المواد التي توصف بأنها مواد خفيفة كالإسفنج.

و بخلاف جميع المواد الأخرى التي تكون فيها الحالة الصلبة للمادة أعلى كثافةً (أكبر كُتلةً) من حالتها السائلة فإن كثافة الماء السائل أعلى من كثافة الجليد فعندما يتجمد الماء تبتعد جُسيماته عن بعضها البعض .
إن الكثافة هي كُتلة المادة في حجمٍ معين= إن الكثافة هي وزن المادة في حجمٍ معين.
ترتبط كتلة مادةٍ ما بكتل الجزيئات المكونة لها كما ترتبط كتلة المادة بمدى قُرب تلك الجُسيمات من بعضها البعض.
عندما تتمدد المادة بالحرارة فإن كثافتها تنخفض .



ترتبط كثافة المادة أو كُتلتها(وزنها) بمقدار الكتلة الذرية (الوزن الذري) للعناصر التي تكون تلك المادة ذلك أنه كلما كانت الكتلة الذرية(الوزن الذري) للعناصر التي تتكون منها تلك المادة أكبر كانت كتلة تلك المادة(وزنها) أكبر و العكس صحيح اي أنه كلما كانت الكتلة الذرية(الوزن الذري) للعناصر التي تكون تلك المادة أقل كانت كتلة تلك المادة(وزنها) أقل.
إن الأمر يشبه اختلاف وزن البناء تبعاً لنوع المواد التي نستخدمها في بنائه فإذا قمنا باستخدام الخشب في البناء فإن وزنه سيكون أقل مما لو استخدمنا الحجارة الصماء في بنائه.

كما أن كتلة المادة(وزنها) و كثافتها ترتبطان بمقدار الفراغات الموجودة في تلك المادة ذلك انه كلما كانت تتخلل تلك المادة فراغاتٌ أكثر كانت كتلتها(وزنها) و كثافتها أقل و العكس صحيح.
و عند تسخين المادة فإنها تتمدد حيث تزداد المسافات الفاصلة بين ذراتها و بالتالي فإن حجمها يزداد مما يؤدي إلى انخفاض كثافتها و باستثناء الماء فإن كثافة معظم المواد تنخفض عندما تتميع فنصبح بحالةٍ سائلة أو عندما تتبخر فنصبح بحالةٍ غازية.
ذرات الحالة الصلبة للمادة (باستثناء الجليد) تكون متراصةٌ مع بعضها البعض و لذلك فإنها تكون أعلى كثافةً من المادة عندما تكون بحالةٍ سائلة.
إن كثافة مادةٍ ما تُساوي كُتلة تلك المادة(وزنها) مقسومةً على حجم تلك المادة.

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

و بالنسبة للأشكال الهندسية المنتظمة كالمكعبات فإننا نقيس حجمها باستخدام قوانين حساب الحجم المعروفة ، أما الأشكال العشوائية و غير المنتظمة كالحلي الذهبية و الحجارة و ما إلى ذلك فإننا نقيس حجمها عن طريق غمرها في الماء في وعاءٍ يُعرف بوعاء الإزاحة
displacement can أو وعاء يوريكا Eureka can.
و لقياس حجم جسمٍ ما باستخدام وعاء الإزاحة فإننا نملأ وعاء الإزاحة بالماء لغاية فتحة تصريف الماء المُزاح الموجودة في أعلاه ثم نضع الجسم المراد قياس حجمه في ذلك الوعاء .
إن حجم ذلك الجسم يُساوي حجم الماء المُزاح، أي الماء الذي يتسرب من الفتحة العلوية لوعاء الإزاحة إلى وعاءٍ آخر يحوي مسطرة مدرجة قياسية .

و إذا طفا الجسم فوق سطح الماء نقوم بدفعه حتى يغمره الماء بشكلٍ كُلي .

$$\text{Density}(kg/m^3)=\frac{mass(kg)}{volume(m)3}$$

$$\text{الكثافة(كيلو غرام\متر مكعب)}=\frac{\text{الكتلة(غرام كيلو)}}{\text{الحجم(متر مكعب}}$$

$$\rho=\frac{m}{v}$$

ρ (رو) حرفٌ إغريقي يرمز للكثافة لا تخلط بينه و بين الحرف الإنكليزي p (بي).

بالنسبة للأجسام الهندسية المُنتظمة فإننا نحسب حجمها باستخدام العلاقة:

الحجم=الطول×العرض×الارتفاع.

تبلغ كثافة الحديد نحو $8000\ kg/m^3$ كيلو غرام في المتر المُكعب الواحد.

كم تبلغ كتلة مكعبٍ من الحديد يبلغ طول حافته 2 متر؟

نقوم أولاً بحساب حجم مكعب الحديد:

حجم المكعب = الطول ×العرض×الارتفاع

$$2\times2\times2=8\ m^3$$

حجم هذا المُكعب 8 متر مكعب.

بما أن مجهول هذه المسألة هو الكتلة و ليس الكثافة فإننا نُغير ترتيب المعادلة بحيث تصبح الكتلة هي مجهول المعادلة و نتيجتها

معادلة حساب الكثافة:

$$\text{الكثافة(كيلو غرام\متر مكعب)}=\frac{\text{الكتلة(غرام كيلو)}}{\text{الحجم(متر مكعب}}$$

$$\rho=\frac{m}{v}$$

نعكس عملية القسمة عن طريق تحويلها إلى عملية ضرب و ذلك بضرب الطرفين المعلومين لنحصل على قيمة الطرف المجهول على اعتبار أن عملية القسمة هي العملية المُعاكسة لعملية الضرب لتصبح المعادلة السابقة:

$$\text{الكثافة(كيلو غرام\متر مكعب)}=\frac{\text{الكتلة(كيلو غرام)}}{\text{الحجم(متر مكعب}}$$

على الصورة التالية:

الكتلة (كيلو غرام) =الكثافة(كيلو غرام \متر مكعب)×الحجم(متر مكعب).

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

الكتلة = $8m^3\times8000\ k/m^3$

$$8000\ kg/m^3\times8\ m^3=64000\ kg$$

هي كتلة هذا المكعب (أي وزنه).

طاقة المادة

إن جزيئات المادة تكون دائماً في حالة حركةٍ مستمرة فجزيئات المادة الصلبة تهتز جيئةً و ذهاباً من مجالٍ محدد بينما تنتقل جزيئات المادة الغازية و السائلة من مكانٍ لآخر، و عندما نقوم بتسخين المادة فإن جُزيئاتها تكتسب طاقةً حركية kinetic energy و تتحرك بسرعةٍ أكبر

إن إجمالي مجموع كلٍ من الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة potential energy في جسيمات جسمٍ ما تُشكل ما يُدعى بمخزون طاقة ذلك الجسم الداخلية أي الطاقة الحرارية thermal energy.

غير أن مقدار طاقة الجسم الداخلية (الطاقة الحرارية) شيء و درجة حرارة ذلك الجسم شيءٌ آخر مُختلفٌ تماماً ذلك أن حرارة جسمٍ ما هي معدل الطاقة الحركية لجسيماته لأنه كلما كانت حركة الجسيمات أسرع كانت حرارة ذلك الجسم أعلى.

غير أن درجة حرارة الجسم لا تدل على مقدار طاقة الجسم الداخلية الكُلية.

كلما كان الجسم أكبر استطاع تخزين مقدارٍ أكبر من الطاقة الداخلية حتى لو كانت حرارته أكثر انخفاضاً من جسمٍ أقل حجماً.

Internal energy=thermal energy

الطاقة الداخلية=الطاقة الحرارية.

مقدار الطاقة الداخلية(الطاقة الحرارية) لجسمٍ ما تساوي إجمالي مجموع كلٍ من الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة لجميع جزيئات ذلك الجسم.

الطاقة الداخلية(الطاقة الحرارية)=الطاقة الحركية+الطاقة الكامنة لجميع جزيئات ذلك الجسم.

Internal energy(thermal energy)=kinetic energy+potential energy.

حرارة جسمٍ ما لا تساوي مقدار طاقته الداخلية.

حرارة جسمٍ ما هي معدل طاقة جزيئاته الحركية.

لماذا يؤدي التبخر إلى انخفاض الحرارة؟

لأنه عند حدوث التبخر فإن الجسيمات الأسرع هي التي تتبخر أولاً تاركةً ورائها الأجسام الأقل سرعة و بما أن الحرارة ترتبط بسرعة الجسيمات الوسطية فإن درجة حرارة الماء تهبط بعد التبخر.

الحرارة النوعية Specific heat

سعة الحرارة النوعية Specific Heat Capacity

إن مقدار الطاقة اللازمة لرفع حرارة مادةٍ ما تختلف من مادةٍ لأخرى و على سبيل المثال فإن رفع حرارة الماء درجةً مئوية واحدة 1C° يتطلب عشر أضعاف الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الكتلة ذاتها من الحديد بمقدار درجةٍ مئوية واحدة.

و لذلك فإننا نقول بأن الحرارة النوعية للماء أعلى من الحرارة النوعية للحديد.

كلما احتاجت المادة لمقدارٍ أكبر من الطاقة لرفع حرارتها كانت حرارتها النوعية أكبر.

الحرارة النوعية لمادةٍ ما هي مقدار الطاقة بالجول Joule اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من المادة درجةً مئوية واحدة.

تحتاج المواد المُختلفة إلى مقدارٍ مُختلفٍ من الطاقة(مُقاسةً بالجول) لرفع درجة حرارتها بالمقدار ذاته.

و إذا كانت مادةٌ ما تتطلب مقداراً من الطاقة (بالجول) لرفع حرارتها أكبر من المقدار الذي تتطلبه مادةٌ أخرى فإننا نقول بأن الحرارة النوعية لتلك المادة أكبر من الحرارة النوعية للمادة الأخرى.

الحرارة النوعية Specific heat

الحرارة النوعية للنحاس 380 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للحديد 450 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للماس 509 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للغرانيت 790 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للورق 1400 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

الحرارة النوعية للجليد 2110 J/Kg جول في الكيلو غرام من تلك المادة لرفع درجة حرارتها بمقدار درجة مئوية واحدة.

مقدار التغير في الطاقة (الحرارية) ΔE(مقاساً بوحدة الجول (J) =الكتلة (كيلو غرام) × الحرارة النوعية specific heat (جول\كيلو غرام) C × مقدار التغير في درجة الحرارة ΔT بالدرجة المئوية.

$$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times\Delta T(C^\circ)$$

الحرف الإغريقي دلتا Δ يعني مقدار التغير في قيمةٍ ما.

E= الطاقة = Energy

ΔE = مقدار التغير في الطاقة (الحرارية) و هي نقاس بوحدة الجول Joule – دائماً نقيس الطاقة بوحدة الجول J .

m=الكتلة (الوزن) mass و تُقاس بوحدة الكيلو غرام .

C = الحرارة النوعية Specific heat أو (سعة الحرارة النوعية) و تُقاس بوحدة الجول على الكيلو غرام بالسيليسيوس C .

ΔT= مقدار التغير Δ في درجة الحرارة T أي temperature و تقاس بالدرجة المئوية C°

$$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times\Delta T(C^\circ)$$

نريد غلي 900 g غرام أي 0.9 g كيلو غرام من الماء.

فإذا كانت درجة حرارة المكان الاعتيادية في الغرفة تبلغ 25° درجة مئوية و إذا كانت الحرارة النوعية للماء تبلغ 4200 J/kg C° جول بالكيلو غرام فما هو مقدار الطاقة اللازم لغلي هذا المقدار من الماء؟

قبل أن نطبق معادلة حساب مقدار التغير في الطاقة ΔE فإننا نقوم بحساب مقدار التغير في درجة الحرارة ΔT

$$\Delta T=100C^\circ - 25\ C^\circ = 75\ C^\circ$$

لأن حرارة الماء الأصلية كانت تساوي 25 C° درجة مئوية (درجة حرار ة الغرفة) ثم أصبحت 100°C درجة مئوية.

ثم نحسب مقدار التغير في طاقة الماء الداخلية ΔE باستخدام معادلة حساب مقدار التغير في الطاقة ΔE التي مرت معنا سابقاً :

$$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times \Delta T(C^\circ)$$

مقدار التغير في الطاقة (الحرارية) ΔE (مقاساً بوحدة الجول (J) =الكتلة m (كيلو غرام) × الحرارة النوعية specific heat (جول\كيلو غرام) C × مقدار التغير في درجة الحرارة ΔT بالدرجة المئوية.

$$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times \Delta T(C^\circ)$$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

$$\Delta E(J)=0.9(kg)\times 4200C^\circ\times 75(C^\circ)=283\ 500\ J$$

$$\Delta E(J)= 283\ 500\ J$$

مقدار التغير في الطاقة = 283 500 جول و هي تساوي تقريباً 283 kJ كيلو جول و هي مقدار الطاقة اللازمة(بالكيلو جول) لجعل 900 g غرام أي 0.9 kg كيلو غرام تبلغ درجة حرارتها 25 C° درجة مئوية تصل إلى درجة الغليان أي 100 C° درجة مئوية.

نسيم البحر

يهب نسيم البحر على الشاطئ المجاور في الأيام المُشمسة و ذلك لأن الحرارة النوعية للأرض (التربة الجافة) تبلغ 800 J/kg C° جول\كيلو غرام بينما تبلغ الحرارة النوعية للماء 4200 J/kg C° جول \كيلو غرام درجة مئوية ، أي أن الحرارة النوعية للتربة الجافة أدنى بكثير من الحرارة النوعية للماء و لذلك فإن تسخين أرض الشاطئ يتطلب مقداراً من الطاقة (أشعة الشمس) أقل بكثير من المقدار الذي يتطلبه تسخين ماء البحر و لذلك فإن الأرض تسخن بشكلٍ أسرع و تقوم بتسخين الهواء الموجود فوقها و من ثم فإن الهواء الأكثر سخونة فوق الأرض يرتفع في تيارات الحمل convection current نحو الأعلى ليحل محله هواء البحر الأكثر برودة.

تحديد الحرارة النوعية لمادة ما مخبرياً

الحرارة النوعية كما مر معنا تعني مقدار الطاقة (مقاسة بالجول J) اللازمة لرفع حرارة كتلة (وزن) ما من مادةٍ ما درجة مئوية واحدة .

يُمكن تحديد الحرارة النوعية لمادةٍ ما مخبرياً عن طريق قياس الطاقة اللازمة (بالجول J) لرفع درجة حرارة كتلةٍ ما من المادة إلى درجة حرارةٍ معينة.

لتحديد مقدار الطاقة الكهربائية المستخدمة في التسخين بدقةٍ عالية فإننا نستخدم لهذه الغاية مقياس الجول (جول ميار) Joulemeter و ذلك بوصل قُطبيه ما بين مأخذ الطاقة الكهربائية و السخان الذي يقوم بتسخين المادة موضوع الاختبار.

للحصول على نتائج دقيقة يجب أن تكون المادة موضوع التجربة معزولةً عزلاً تاماً بحيث ان الطاقة التي تُستخدم في التجربة تذهب كلها (أو مُعظمها) لتسخين المادة دون أن يتسرب منها شيء.

تحديد الحرارة النوعية لعنصر الألمنيوم بناءً على تجربة عملية .

كُتلة الألمنيوم المستخدمة في التجربة(وزنها) 1 كيلو غرام.

حرارة بدء التجربة (حرارة العينة أو حرارة الجو في المُختبر) 18C° درجة مئوية.

أقصى درجة حرارة تم تسخين قطعة الألمنيوم إليها 42 C° درجة مئوية.
الطاقة المُستخدمة لتسخين عينة الألمنيوم بوحد الجول 22.313 J جول.

بدايةً نحسب مقدار التغير في درجة الحرارة ΔT و ذلك بطرح درجة الحرارة الابتدائية أي درجة حرارة العينة قبل بدء التسخين و هي 18 C° من الحرارة النهائية أي أقصى حرارة قمنا بتسخين العينة لها و تبلغ 42 C° درجة مئوية.

$\Delta T=42\ C°-18\ C°=24\ C°$

الآن نستخدم مُعادلة حساب التغير في الطاقة التي مرت معنا سابقاً:
مقدار التغير في الطاقة (الحرارية) ΔE(مقاساً بوحدة الجول (J) =الكتلة (كيلو غرام) × الحرارة النوعية specific heat (جول\كيلو غرام) × مقدار التغير في درجة الحرارة ΔT بالدرجة المئوية.

$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times \Delta T(C°)$

بما أن المطلوب حسابه هو الحرارة النوعية C و بما أن مجهول المسألة هو كذلك الحرارة النوعية فإننا نُعيد ترتيب عناصر المُعادلة بحيث نجعل مجهول المُعادلة هو ذاته مطلوب المُعادلة و نتيجتها:

$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times \Delta T(C°)$

إذا كانت لدينا عملية ضربٍ تحوي نتيجةً و عدة أطراف مضروبة ببعضها البعض بينها طرفٌ مجهول فإن هذا الطرف المجهول يُساوي نتيجة عملية الضرب تلك تقسيم ناتج ضرب بقية الأطراف ببعضها البعض.



$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times \Delta T(C°)$

$\Delta E(J)=m(kg)\times ?\times \Delta T(C°)$

$C=?$

إذا كانت لدينا عملية ضربٍ تحوي نتيجةً ΔE(J) و عدة أطراف مضروبة ببعضها البعض m(kg)×C×ΔT(C°) بينها طرفٌ مجهولC فإن هذا الطرف المجهولC يُساوي نتيجة عملية الضرب القديمة تلك ΔE(J)تقسيم ناتج ضرب بقية الأطراف المعلومة ببعضها البعض m(kg ×ΔT(C°):

$C=\frac{\Delta E}{m\times \Delta T}$

:

$A=B\times C\times D\rightarrow C=\frac{A}{B\times D}$

$A=B\times ?\times D\rightarrow ?=\frac{A}{B\times D}$

أثبت ذلك.

$100=2\times 5\times 10\rightarrow$

$$2=\frac{100}{5\times10}=\frac{100}{50}=2$$

100=2×5×10→

$$5=\frac{100}{2\times10}=\frac{100}{20}=5$$

100=2×5×10→

$$10=\frac{100}{2\times5}=\frac{100}{10}=10$$

إذاً يُمكننا إعادة ترتيب المُعادلة السابقة لاكتشاف قيمة الحرارة النوعية ، و بما أن الحرارة النوعية C هي مجهول المعادلة فإننا نجعل منها نتيجةً لعملية القسمة و نقسم نتيجة عملية الضرب الجديدة على حاصل ضرب الطرفين الآخرين المعلومين.

$$\Delta E(J)=m(kg)\times C\times\Delta T(C°)$$

$$C=\frac{\Delta E}{m\times\Delta T}$$

$$\text{الحرارة النوعية }C=\frac{\text{مقدار التغير في الطاقة}}{\text{الكتلة}\times\text{التغير درجة الحرارة}}$$

$$\text{الحرارة النوعية }C=\frac{\text{22313جول}}{\text{1كيلو غرام}\times\text{24 درجة مئوية}}$$

$$\frac{22313}{24}=930\ J/kg$$

=22313/24=930 J/kg C°

الحرارة النوعية لعنصر الألمنيوم في ظروف التجربة التي قمنا بها 930 J/kg C° جول في الكيلو غرام أما الحرارة النوعية لعنصر الألمنيوم أي مقدار الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من الألمنيوم درجة مئوية واحدة فهي 897 J/kg /C°.

المُنحنيات الحرارية Heating Curves

عندما تنتقل الحرارة إلى جسم ما عن طريق تسخين ذلك الجسم فإن حرارة ذلك الجسم ترتفع غير أن المواد الصلبة عندما تذوب و السوائل عندما تغلي فإنها تستهلك طاقةً دون أن تتغير درجة حرارتها و هذا الأمر يُدعى بالمنحني الحراري.

بدايةً تأخذ حرارة الجليد بالارتفاع و عندما تصل درجة الحرارة إلى صفر درجة مئوية 0° C يبدأ الجليد بالذوبان و عندها تبقى درجة الحرارة ثابتةً على درجة الصفر بالرغم من أن الطاقة ما تزال تنتقل إلى الجليد و هذه الطاقة التي يحدث عندها تثبيتٌ لدرجة الحرارة تُدعى بالحرارة الكامنة latent heat حيث تُستنفذ هذه الطاقة في إذابة الجليد و ليس في رفع درجة الحرارة و بعد أن يذوب الجليد بشكلٍ كامل تبدأ الحرارة بالارتفاع.

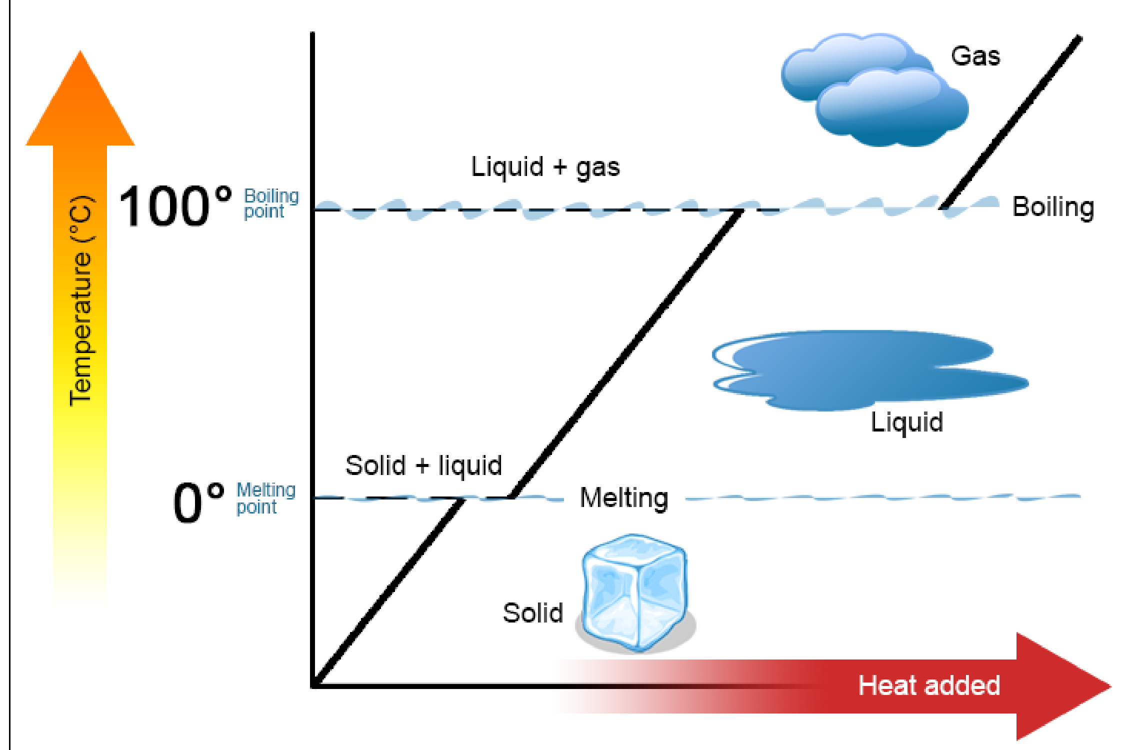
الحرارة الكامنة latent heat

الحرارة الكامنة هي الحرارة الممتصة أو المنبعثة أثناء تغييرحالة المادة عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

الحرارة الكامنة هي مقدار الطاقة على شكل حرارة المطلوبة لتغيير حالة المادة.

لدينا شكلين من أشكال الحرارة الكامنة :إحداهما هي الحرارة الكامنة للانصهار،والأخرى هي الحرارة الكامنة للتبخر
و باختصار فإن الحرارة الكامنة هي الحرارة الممتصة أو المنبعثة أثناء تغير حالة المادة عند درجة حرارة وضغط ثابتين أي أنها تمثل حرارة التحول heat of transformation .

بالنسبة للماء لدينا حدين للحرارة الكامنة : الأول هو الحرار ة الكامنة لتجمد الماء و هي صفر درجة 0° و الثاني هو الحرارة الكامنة للتبخر و تبلغ 100° درجة مئوية.

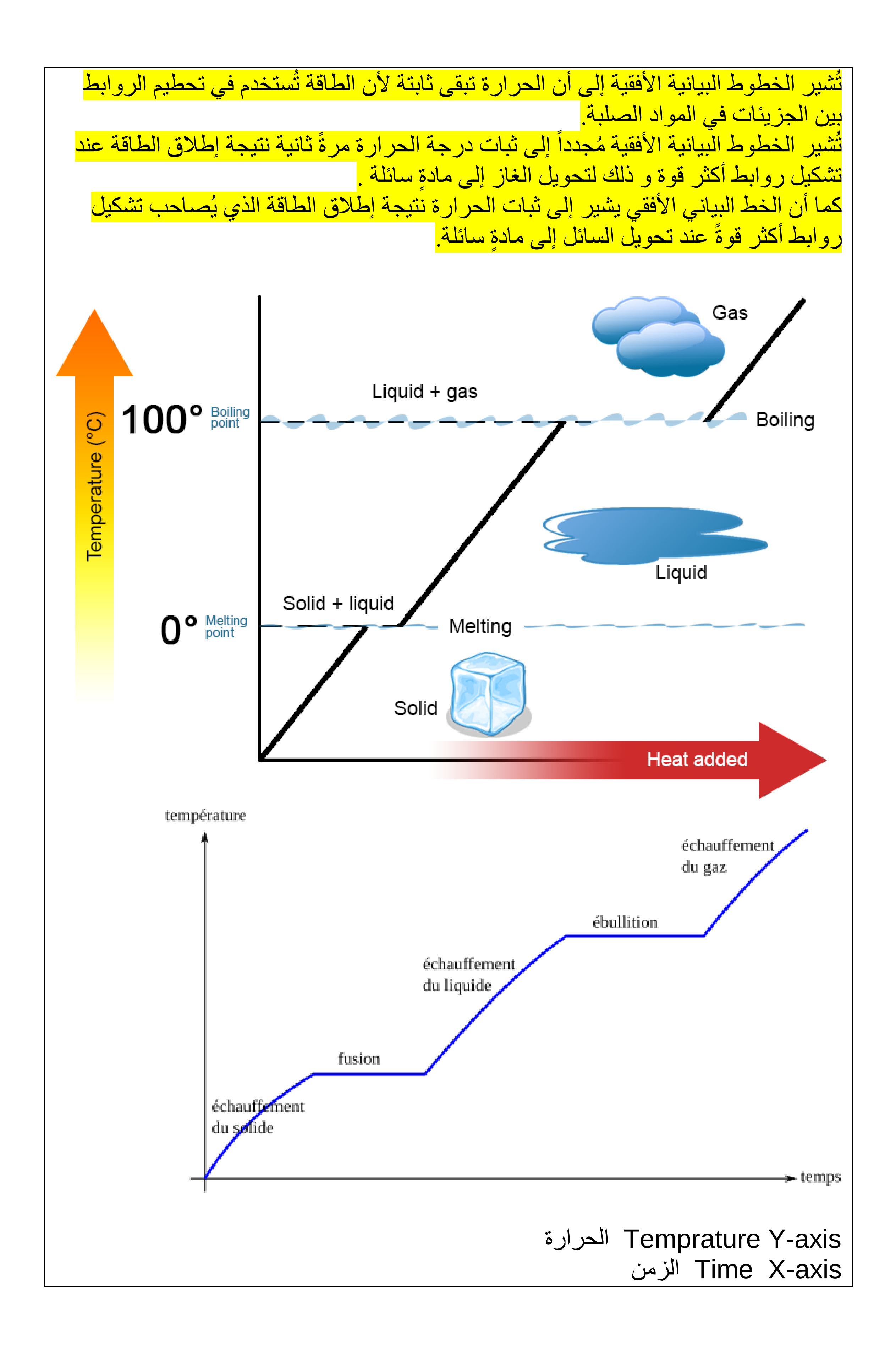


الحرارة الكامنة latent heat هي الطاقة التي تُستخدم في إذابةِ مادةٍ صلبة أو جعل مادةٍ سائلة تغلي .

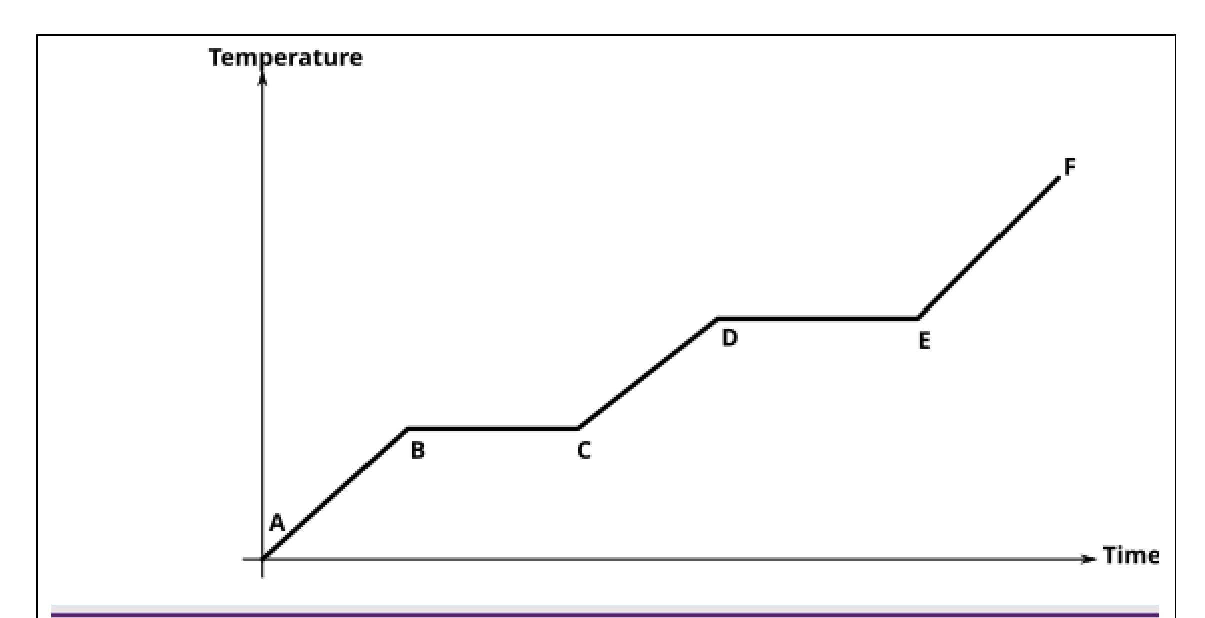
مُنحنيات التسخين و التبريد Heating and cooling curves

عندما نقوم بإذابة أو غلي مادةٍ ما فإن الطاقة تُستنفذ في مقاومة و تحطيم الروابط الموجودة بين جُزيئات تلك المادة و لذلك فإن الحرارة تبقى ثابتة لا ترتفع بالرغم من أن تزويد تلك المادة بالطاقة ما يزال مُستمراً و هذا الثبات في الحرارة هو سبب تعبيرنا عن حالتي الذوبان و الغليان بمستقيمٍ إحداثي أفقي للتعبير على أن الحرارة ثابتةٌ لا تتغير خلال مرحلتي الذوبان و الغليان .
و عندما يتجمد السائل فإن تشكيل الروابط من جديد بين جزيئات المادة الصلبة يؤدي إلى إطلاق طاقة و هذا الأمر يُحافظ على ثبات درجة الحرارة.
عندما تمر المادة في حالة ذوبانٍ أو غليان فإن حرارتها تبقى ثابتة خلال مرحلتي الذوبان أو الغليان بالرغم من استمرار تزودها بالطاقة.
و عندما يتم تبريد المادة فإن حرارتها تبقى ثابتة عندما تتكثف أو تتجمد.
إن الطاقة التي يتم امتصاصها أو إطلاقها خلال مرحلة تحول حالة المادة (من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أو من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة) تُدعى بالحرارة الكامنة latent heat .

تُشير الخطوط البيانية الأفقية إلى أن الحرارة تبقى ثابتة لأن الطاقة تُستخدم في تحطيم الروابط بين الجزيئات في المواد الصلبة.
تُشير الخطوط البيانية الأفقية مُجدداً إلى ثبات درجة الحرارة مرةً ثانية نتيجة إطلاق الطاقة عند تشكيل روابط أكثر قوة و ذلك لتحويل الغاز إلى مادةٍ سائلة .
كما أن الخط البياني الأفقي يشير إلى ثبات الحرارة نتيجة إطلاق الطاقة الذي يُصاحب تشكيل روابط أكثر قوةً عند تحويل السائل إلى مادةٍ سائلة.



Temprature Y-axis الحرارة
Time X-axis الزمن



حساب الحرارة الكامنة Latent heat

الحرارة الكامنة هي الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة من صلبة إلى سائلة(الذوبان) أو من حالةٍ سائلة إلى حالةٍ غازية (الغليان) و تدعى الحرارة الكامنة اللازمة لتغيير حالة المادة الصلبة إلى حالةٍ سائلة بحرارة التذويب الكامنة the latent heat of fusion .
أما الحرارة لكامنة اللازمة لتحويل المادة السائلة إلى مادةٍ غازية فتُدعى بحرارة التبخير الكامنة The latent heat of vaporization و ذلك دون حدوث تغيرٍ في درجة الحرارة
أي أنه من لوازم الحرارة الكامنة ألا يرافق عملها حدوث تغيرِ في درجة الحرارة.
و عندما يحدث العكس أي عندما يتكثف الغاز أو عندما يتجمد السائل يتم إطلاق الحرارة الكامنة و ذلك نتيجة تشكل روابط أشد قوةً بين جزيئات المادة.

حرارة الذوبان الكامنة Latent heat of fusion

يُمكن حساب مقدار الطاقة اللازمة (بوحدة الجول J) لإذابة كتلة ما من الجليد و ذلك باستخدام معادلة خاصة نستخدم فيها قيمةً تدعى بالحرارة النوعية الكامنة Specific latent heat و التي هي مقدار الطاقة اللازمة لتغيير حالة كيلو غرام واحد من المادة.
علماً أن لكل مادة حرارة نوعية كامنة خاصة بها فبالنسبة للجليد مثلاً فإننا نستخدم الحرارة النوعية الكامنة الخاصة بإذابة الجليد.
لا تخلط ما بين الحرارة النوعية و هي مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من المادة درجة مئوية واحدة و بين الحرارة النوعية الكامنة.
الحرارة الكامنة هي الطاقة اللازمة لتحويل المادة الصلبة إلى مادةٍ سائلة أو الطاقة اللازمة لتحويل المادة السائلة إلى غاز.
يتم إطلاق كمية المادة ذاتها عندما يحدث تحولٌ معاكس في حالة المادة.
الحرارة النوعية الكامنة هي مقدار الطاقة (جول J) اللازمة لتحويل حالة كيلو غرام واحد من المادة و تقاس الحرارة النوعية الكامنة بوحدة الجول على الكيلو غرام J/Kg، لماذا؟
لأنها هي مقدار الطاقة (جول J) اللازمة لتحويل حالة كيلو غرام واحد من المادة أي أنها تتعلق بوحدتي قياس و هما الجول بما هي وحدة قياس للطاقة و الكيلو غرام بما هو وحدة قياسٍ للكتلة(الوزن).

الطاقة (جولJ) اللازمة لتغيير حالة المادة = الكتلة (كيلو غرام)× الحرارة النوعية الكامنة(جول\كيلو غرام)

Energy for change of state(J)=mass(kg)×specific latent heat(J/kg)

E(J)=m(kg)×L(J/kg)
الطاقة   E=energy
الكتلة   m=mass
الحرارة النوعية الكامنة   L=specific latent heath

إذا كانت الحرارة النوعية للماء تبلغ 334000J/kg . احسب مقدار الطاقة اللازمة لإذابة 5 كيلو غرام من الجليد.

E(J)=m(kg)×L(J/kg)

الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة (جول) = الكتلة(كيلو غرام)× الحرارة النوعية الكامنة.

الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة E(J) (جول) = الكتلة(كيلو غرام)m(kg) × الحرارة النوعية الكامنةL(J/kg) .

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

E=5 kg×334 000 J/kg=1670 000 J

إذاً فإن الطاقة اللازمة لإذابة 5 كيلو غرام من الجليد تبلغ 167 000 J جول و هي تساوي 1.67 MJ ميغا جول.

1670000/1000000=1.67 MJ

1670000تقسيم مليون تساوي 1.67 MJ ميغا جول.

1.67 MJ×1000 000=1670 000 J

إن الحرارة الكامنة للتبخر تكون أعلى بكثير من الحرارة الكامنة للذوبان لأننا نحتاج إلى مقدار من الطاقة لفصل جُزيئات المادة عن بعضها البعض(التبخر) أو لتحويل المادة الصلبة إلى غاز من مقدار الطاقة اللازم(جولJ) لإذابة المادة الصلبة(إذابة الجليد مثلاً).
يُطلق البخار كمياتٍ كبيرة من الحرارة الكامنة عند تبخره.

احسب مقدار الطاقة (جولJ) الذي يُطلقه مقدار 5g غرام من البخار عندما يتكثف علماً أن الحرارة النوعية الكامنة لعملية تبخر الماء تبلغ 2256000 J/kg جول في الكيلو غرام .

كما علمنا سابقاً فإنه يتوجب علينا دائماً تحويل الوحدات المُعطاة في المسألة بحيث تكون مماثلةً للوحدات في المعادلة و بما أن الوحدة المعطاة في معادلة حساب الطاقة هي بالكيلو غرام فيتوجب علينا تحويل المقدار 5g غرام إلى كيلو غرام ، و بما أن الكيلو غرام يتألف من 1000 g غرام فإننا نقسم العدد 5 على ألف :

5/1000=0.005 kg

إذاً فإن 5 غرام تساوي 5 بالألف أي 0.005 من الكيلو غرام.

E(J)=m(kg)×L(J/kg)

الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة (جول)E(J) = الكتلة(كيلو غرام)m(kg) × الحرارة النوعية الكامنةL(J/kg) .

الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة (جول) = الكتلة(كيلو غرام)× الحرارة النوعية الكامنة.

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

0.005 kg×2256 000 J/kg=11280 J

11280 J جول هي الطاقة التي يتم تحريرها خلال عملية التحول .

الآن بتنا نعلم لم لا تنخفض درجة حرارة الجليد إلى ما دون درجة صفر مئوية 0° C و لم لا ترتفع حرارة الماء المغلي إلى أعلى من درجة الغليان أي 100° C درجة مئوية.
يُستفاد من هذه المعلومة مثلاً في ترقيم موازين الحرارة حيث يوضع ميزان الحرارة في ماءٍ يغلي حيث توضع علامة عند مستوى الزئبق أي مستوى درجة غليان الماء و نثبت عند تلك الشارة الرقم 100° Cو بعد ذلك نضع ميزان الحرارة في الجليد و ننتظر حتى يثبت مستوى الزئبق و نضع شارة عند مستوى الزئبق(درجة التجمد) و نضع عند تلك الشارة الصفر 0° C و بعد ذلك و باستخدام مسطرة ميليمتريه مدرجة نقسم المسافة ما بين الصفر (درجة التجمد) و المئة(درجة الغليان) بشكلٍ مُتساوي فنحصل على مقياس درجة حرارة مُدرج كُل درجةٍ فيه تساوي درجة مئوية واحدة و يُمكننا أن نستخدم طريقة القياس السابقة ذاتها لترقيم الميزان إلى ما دون الصفر و فوق المئة بعد أن عرفنا كم تُساوي كُل درجة حرارة بالنسبة للمقياس الميليمتري أي كم ميليمتر (من تمدد الزئبق) تُساوي درجة الحرارة المئوية الواحدة.

هذا من جهة و من جهةٍ أخرى فإن كون درجة حرارة الماء المغلي لا ترتفع فوق 100° C درجة مئوية فإن ذلك يعني بأننا لا نستفيد من رفع درجة حرارة الموقد بعد وصول الماء إلى درجة الغليان و بالتالي بعد غليان الماء عند طهي الطعام و لتوفير الطاقة يجب علينا أن نضبط الموقد على أدنى قيمة تؤمن استمرار غليان الماء.

الضغط السطحي Surface pressure

الضغط هو مقدار القوة التي يتم تطبيقها على سطح ما.
إن النهايات الحادة كطرف المسمار الحاد أو طرف الإبرة أو حد السكين تعمل على تركيز القوة في مساحةٍ مُتناهية الدقة و هو الأمر الذي يؤدي إلى تعاظم تلك القوة و هذا يعني بأنه يُمكن للقوة ذاتها أن تُنتج ضغطاً هائلاً جداً و لذلك يُعرف الضغط بأنه مقدار القوة التي يتم تطبيقها على وحدة المساحة ، و يُقاس الضغط بوحدة الباسكال Pascal و رمزه pa و هو يُساوي قوةً مقدارها نيوتن واحد 1N يتم تطبيقها على مساحةٍ مقدارها مترٌ مربع واحد $1m^2$.

$$Pressure(pa)=\frac{force(N)}{area(m)^2}$$

$$\text{الضغط(بوحدة الباسكال pa)} = \frac{\text{القوة بالنيوتن}}{\text{المساحة بالمتر المربع}}$$

$$P=\frac{F}{A}$$

F=force القوة

A=Areaالمساحة

الضغط هو القوة المُطبقة على مساحةٍ مُعينة.
يعتمد تأثير قوةٍ ما على سطحٍ ما على مقدار الضغط الذي تبذله أو الذي تُطبقه تلك القوة على ذلك السطح.
يُقاس الضغط بوحدة الباسكال pa و هو يُمثل نيوتن واحد من القوة في المتر المربع (من المساحة).

عندما نُطبق قوةً ذات سطح شديد الضآلة مثل حد سكين أو طرف مسمارٍ أو إبرة أو إزميل (الطرف الحاد) فإننا بذلك نُطبق ضغطاً هائلاً مُركزاً على ذلك السطح.

صخرة يبلغ ثقلها 4000 N نيوتن موضوعة على الرمال قاعدتها مستطيلة الشكل ؛ يبلغ طول قاعدتها 2m متر و يبلغ عرض قاعدتها 3m متر فما هو مقدار الضغط الذي تبذله أو الذي تُطبقه تلك الصخرة على الرمال؟

بدايةً نحسب مساحة سطح الصخرة السُفلي بالمتر المُربع:

المساحة=الطول×العرض

$A=2\times3=6m^2$

ثم نستخدم معادلة حساب الضغط لإيجاد ضغط تلك الصخرة على الأرض:

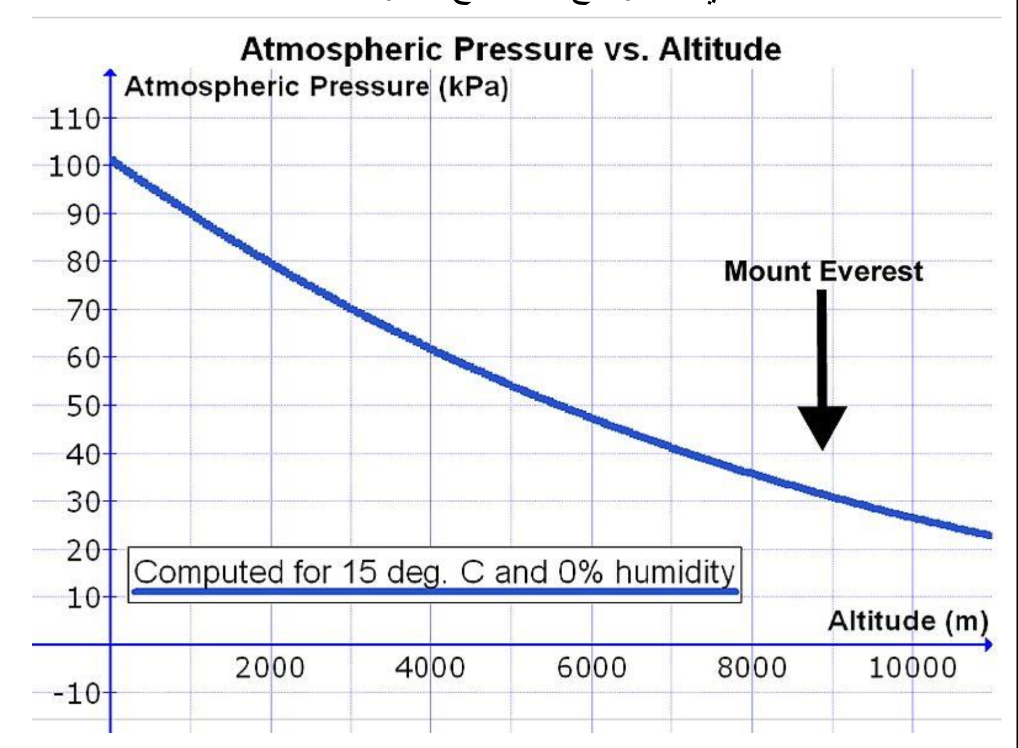
الضغط(بوحدة الباسكال pa)= $\frac{\text{القوة بالنيوتن}}{\text{المساحة بالمتر المربع}}$

$P=\frac{F}{A}=\frac{4000\ N}{6\ m2}=666.7$ pa

أي 667 pa باسكال هو مقدار ضغط هذه الصخرة على الأرض الرملية.

الضغط الجوي atmospheric pressure

العلاقة بين الضغط الجوي و الارتفاع عن سطح البحر :



الضغط الجوي atmospheric pressure

الضغط الجوي هو الضغط الواقع على سطح الأرض و الناتج عن وزن الهواء .

يكون الضغط الجوي عالياً جداً في المنخفضات (لأن المسافة بين قعر المنخفض و الغلاف الجوي تكون أكثر بُعداً)، بينما يكون الضغط الجوي منخفضاً في المرتفعات (لأن المسافة بين سطح المرتفع و الغلاف الجوي تكون أقل و بالتالي فإن وزن الهواء يكون أقل كذلك).
ينخفض الضغط الجوي كلما ارتفعنا نحو الأعلى و العكس صحيح أي أنه يرتفع كلما هبطنا.
كلما صعدنا نحو الأعلى تقل كثافة الهواء و يُصبح التنفس أكثر صعوبةً كما يُصبح عمل محركات الاحتراق الداخلي أكثر صعوبةً و ينخفض عزمها بسبب قلة الأوكسجين.
و على سبيل المثال فإن الضغط الجوي عند قمة جبل إيفرست يبلغ 0.33 atmosphere ضغط جوي أي 34 kPa كيلو باسكال (ألف باسكال) ، أما الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر أي عند قاعدة جبل إيفرست فهو يبلغ ضغطاً جوياً واحداً 1 atmosphjere أي 100 kPa كيلو باسكال ، أي أن الفرق في الضغط الجوي ما بين قمة الجبل و قاعدته (سفحه) يبلغ ثلاثة أمثال تقريباً و ذلك بسبب ضغط جزيئات الهواء، و بصورةٍ مُماثلة فإن هنالك ضغطٌ في السوائل ينتج عن ضغط و ثقل عمود السائل الموجود فوق جسمٍ موجودٍ تحت سطح ذلك السائل و يختلف ضغط السائل تبعاً لعمق ذلك السائل و كثافته حيث يكون ضغط السوائل في أعلى مستوياته في الأعماق (عند القاع) و في السوائل الأعلى كثافةً .
و كما هي الحال بالنسبة للضغط الجوي فإن الضغط في السوائل يزداد كلما اتجهنا نحو عُمق ذلك السائل أي نحو القاع لأن كمية السائل الواقعة فوق الجسم الموجود في ذلك السائل أو الواقعة على القاع تزداد كلما ازداد بعد ذلك الجسم عن سطح السائل.
و بخلاف الطريقة التي يزداد فيها الضغط في الغازات فإن الضغط في السوائل يزداد بصورةٍ خطية linearly إذا تعمقنا في سائلٍ ما ضعف المسافة التي كُنا عليها ازداد الضغط بمعدل الضعف و إذا تعمقنا لثلاثة أضعاف المسافة التي كنا عليها ازداد الضغط ثلاثة أضعاف ، و هكذا...



و علينا الانتباه إلى مسألةٍ شديدة الأهمية تتعلق بضغط السوائل تحت السطح (سطح الماء مثلاً) ذلك أن الضغط الكلي الواقع على أي جسمٍ موجودٍ ضمن سائل (كالماء) لا يقتصر على ضغط السائل الذي يتعرض له ذلك الجسم و إنما فإن ذلك الجسم يخضع كذلك للضغط الجوي أي ضغط الجو الموجود فوق سطح ذلك السائل و الذي يضغط على ذلك السائل المُحيط بذلك الجسم .
و لذلك فإن الضغط الكُلي الواقع على جسمٍ موجودٍ في سائل=ضغط السائل الواقع على ذلك الجسم+الضغط الجوي.

ارتفاع السائل فوق الجسم المغمور بالماء h
h=high
ρ كثافة السائل (لا تخلط بين رمز الكثافة (رو)ρ هذا و بين رمز الضغط p).
قوة حقل الجاذبية g و هو يساوي 10 N/kg عشرة نيوتن على الكيلو غرام و ذلك بالقرب من سطح الأرض.
g قوة حقل الجاذبية Gravitational field strength

لا تخلط ما بين قوة حقل الجاذبية 10 N/kg(نيوتن على الكيلو غرام) و بين تسارع السقوط بتأثير الجاذبية الذي يساوي تقريباً 10 m/s عشرة أمتار في الثانية الواحدة و تحديداً 9.8 m/s متر في الثانية.

الضغط الجوي عند مستو سطح البحر يبلغ 100000 pa (مئة ألف باسكال) ، و على عمق 5 m متر (خمسة أمتار) تحت سطح الماء يُصبح ضغط السائل 150 0000 pa (150 الف باسكال).

الضغط (باسكالpa) =الارتفاع h (متر)×الكثافة ρ (كيلو غرام\متر مكعب) ×قوة حقل الجاذبية g(نيوتن\كيلو غرام):

$P=h\times \rho \times g$

$p(pa)=h(m)\times P=h\times \rho\ (kg/m^3) \times g(N/kg)$

تبلغ قوة الجاذبية الأرضية g قرب سطح الأرض 10N/kg عشرة نيوتن على الكيلو غرام الواحد.

ρ كثافة السائل (لا تخلط بين رمز الكثافة (رو) هذا و بين رمز الضغط (p).

قوة حقل الجاذبية g و هي تساوي 10 N/kg عشرة نيوتن على الكيلو غرام و ذلك بالقرب من سطح الأرض.

Gravitational field strength قوة حقل الجاذبية g

لا تخلط ما بين قوة حقل الجاذبية 10 N/kg و بين تسارع السقوط بتأثير الجاذبية الذي يساوي تقريباً 10 m/s عشرة أمتار في الثانية الواحدة و تحديداً 9.8 m/s متر في الثانية.

تبلغ كثافة الماء طن في المتر المكعب الواحد $1000\ kg/m^3$.

احسب الضغط الكُلي الواقع على غواصة تغوص إلى عمق 700 m متر إذا كان الضغط الجوي عند سطح البحر يبلغ مئة ألف باسكال 100 000 pa باسكال.

انتبه جيداً لكلمة (الكلي) الواردة في نص المسألة لأنها تعني كلاً من ضغط الماء أو السائل الواقع على الغواصة و ضغط الهواء الموجود فوق سطح ذلك الماء كذلك لأن الجسم الواقع تحت سطح الماء يخضع لضغطين اثنين و هما ضغط الماء او السائل الموجود فوقه و ضغط الهواء الموجود فوق ذلك الماء أو السائل أياً يكن.

أولا نحسب ضغط الماء عند عمق 700 m متر :

الضغط (باسكالpa) =الارتفاع h (متر)×الكثافة ρ (كيلو غرام\متر مكعب) ×قوة حقل الجاذبية g(نيوتن\كيلو غرام):

$P=h\times \rho \times g$

$p(pa)=h(m)\times P=h\times \rho\ (kg/m^3) \times g(N/kg)$

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة :

الارتفاع= عمق الماء = 700 m متر.

الكثافة ρ = كثافة الماء = طن في المتر المكعب الواحد $1000\ kg/m^3$.

قوة حقل الجاذبية g(نيوتن\كيلو غرام) = 10

$p(pa)=700(m)\times 1000\ (kg/m^3) \times 10(N/kg)=7000\ 000pa$

7000 000pa باسكال أي 7 مليون باسكال.

هل انتهى حل المسألة عند هذا الحد؟

لا أبداً لأن الجسم الموجود ضمن سائل يخضع كذلك لضغط الضغط الجوي الواقع فوق سطح السائل المحيط بهذا الجسم و لذلك فإننا نُضيف الضغط الجوي لحساب الضغط الكُلي:

7000 000 pa+100 000pa =7 100 000 pa

لأن الضغط الجوي عند سطح البحر يبلغ مئة ألف باسكال 100 000 pa باسكال.

7100 000 pa باسكال – و للتحويل إلى كيلو باسكال|(ألف باسكال) فإننا نقسم القيمة السابقة على ألف:

7 100 000/1000=7100 k pa

7100 k pa كيلو باسكال هي قيمة الضغط الكلي الواقع على الغواصة.

الطفو و الغرق

كما مر معنا سابقاً فإن الضغط يزداد كلما تعمقنا في السائل كما أن الأجسام المغمورة في الماء أو الطافية تخضع لشكلين من الضغط :

الضغط الأول هو ضغط ثقل ذلك الجسم و يؤثر هذا الضغط على السطح العلوي للجسم و يدفعه نحو الأسفل.

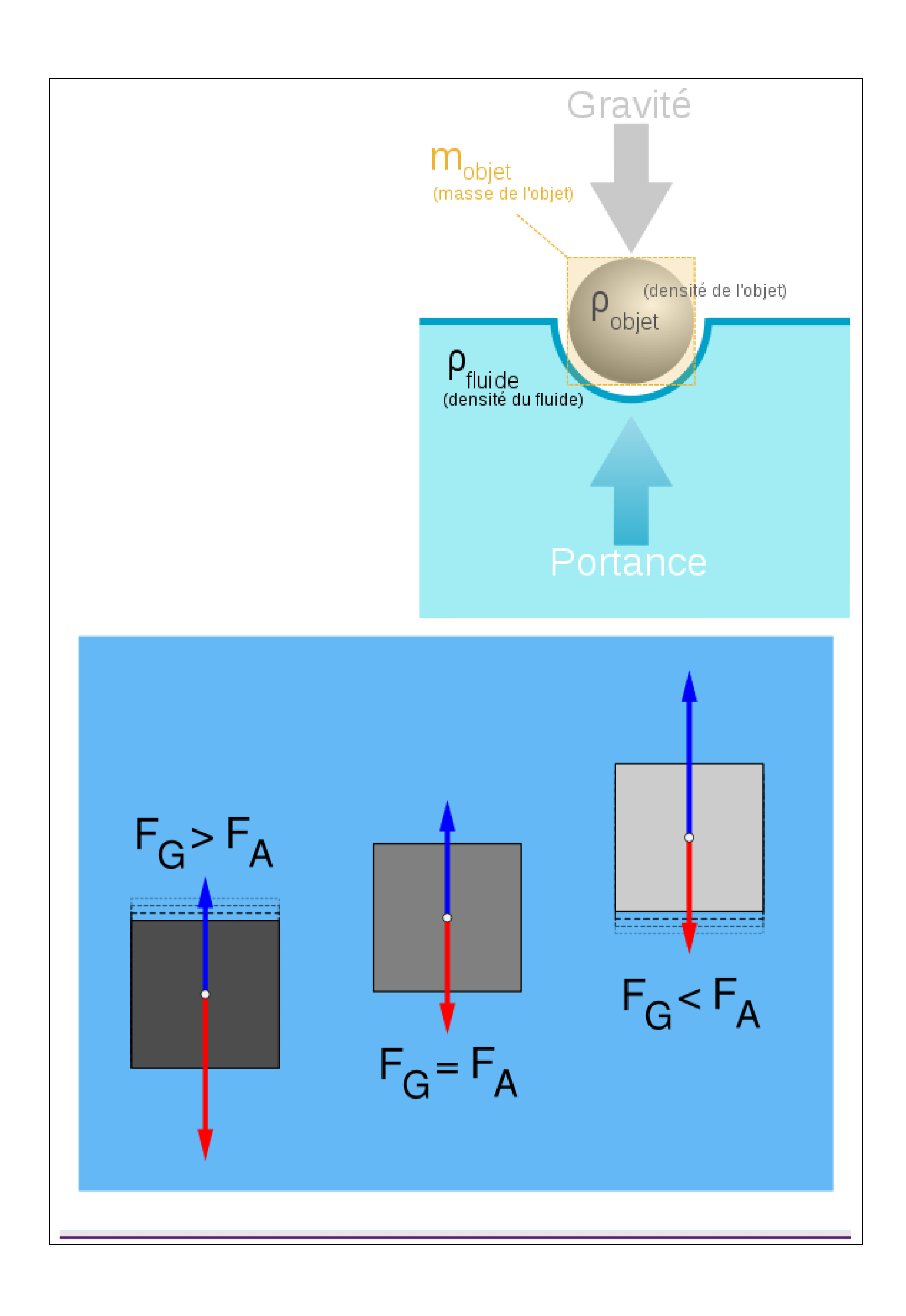
الضغط الثاني يؤثر على السطح السُفلي للجسم العائم أو المغمور بالماء أو أي سائل و يدفعه نحو الأعلى ، و في حال الأجسام الطافية يكون هذا الضغط أكبر من الضغط الذي يؤثر على السطح العلوي للجسم و يدفعه نحو الأسفل (أي ثقل الجسم) .

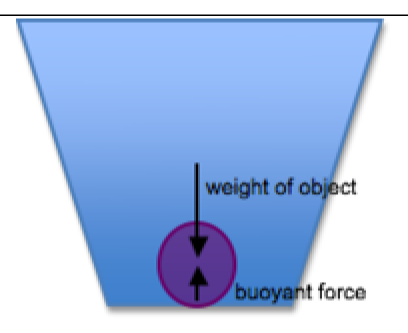
إن مسألة ما إذا كان جسمٌ ما سوف يغرق أو سوف يطفو على سطح الماء يحددها عمل هاتين القوتين أو هذين الضغطين المؤثرين و ما إذا كانت إحداها اكبر من الأخرى فإذا كانت القوة التي تدفع الجسم من سطحه السفلي نحو الأعلى أكبر من القوة التي تدفع الجسم من سطحه العلوي نحو الأسفل (قوة وزن الجسم) فإن ذلك الجسم سوف يطفو على سطح الماء.

يخضع الجسم الموجود في سائلٍ ما لقوةٍ تدفعه نحو الأعلى تدعى بالقوة الدافعة نحو الأعلى↑ up thrust و هذه القوة الدافعة نحو الأعلى ↑ تؤثر على السطح السفلي للجسم العائم أو الجسم المغمور في السائل و تدفعه نحو الأعلى ، وهذه القوة الدافعة نحو الأعلى ↑ تكون مساويةً لوزن السائل المُزاح.

القوة الدافعة نحو الأعلى ↑ تكون مساويةً لوزن السائل المُزاح.

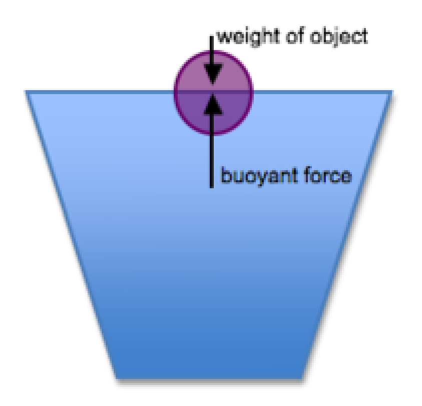
إذا كانت القوة الدافعة المتوجهة نحو الأعلى ↑ و التي تؤثر على السطح السفلي للجسم و تدفعه نحو الأعلى أكبر من ثقل ذلك الجسم فإن ذلك الجسم يطفو على سطح السائل.


Gravité
m_{objet}
(masse de l'objet)
ρ_{objet}
(densité de l'objet)
ρ_{fluide}
(densité du fluide)
Portance
$F_G > F_A$
$F_G = F_A$
$F_G < F_A$



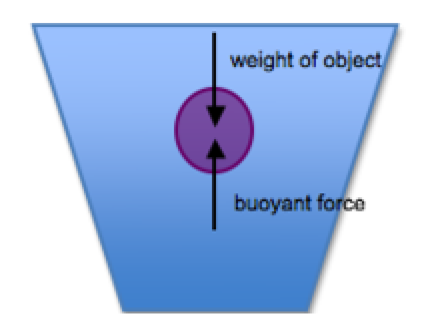
If the weight of an object is GREATER than the buoyant force, the object will SINK

negative buoyancy



If the weight of an object is LESS than the buoyant force, the object will FLOAT.

positive buoyancy



If the weight of an object and the buoyant force are EQUAL, the object will "hover" in the water

neutral buoyancy

الكثافة و الطفو

إن القوة الدافعة نحو الأعلى ↑ التي تؤثر على السطح السفلي للجسم تساوي وزن الماء الذي يُزيحه ذلك الجسم.

إذا كان الجسم أقل كثافةً من الماء فإن مقدار الماء الذي يُزيحه سوف يزن أكثر من وزن ذلك الجسم و لذلك فإن القوة الدافعة نحو الأعلى↑ و التي تؤثر على سطحه السُفلي ستكون أكبر من وزنه و بذلك فإنها سوف تتمكن من دفعه نحو الأعلى و بذلك سوف يطفو ذلك الجسم على سطح الماء.

إذا كان الجسم أقل كثافةً من الماء فإن مقدار الماء الذي يُزيحه سوف يزن أكثر من وزن ذلك الجسم. لماذا؟

إذا كان الجسم أقل كثافةً من الماء فذلك يعني بأن حجمه سيكون اقل من وزن حجمٍ مماثلٍ له من الماء .

أي ان هذا الجسم سوف يُزيح بفضل حجمه مقداراً من الماء يزن أكثر من وزنه و لذلك فإن القوة الدافعة نحو الأعلى ↑ و التي تؤثر على سطحه السفلي سوف تكون أكبر من وزنه ↓ و بذلك فإنه سوف يطفو.
أما إذا كانت كثافة جسمٍ ما أعلى من كثافة الماء فإنه سوف يغرق.

قياس الضغط – مقياس الضغط و مقياس الضغط المقارن

البارومیتر Barometer (مقياس الضغط) و مقياس الضغط المقارن (مانوميتر) maometer هما مقياسين يُستخدمان في قياس الضغط في السوائل و الغازات غير أن البارومیتر (مقياس الضغط) يقيس ضغط وسطٍ واحد بينما يقيس مقياس الضغط المقارن (المانوميتر) فرق الضغط بين وسطين (غازين مثلاً).

مقياس غوته Baromètre Liégeois- Goethe barometer

يتألف مقياس غوته للضغط هذا من حوجلة مملوءة حتى نصفها بالماء و لها (زلومة) طويلة مفتوحة من نهايتها .



عندما يرتفع الضغط الجوي يهبط مستوى الماء ضمن (الزلومة) .
يُمكن التنبؤ بالطقس من خلال ملاحظة التغير في الضغط الجوي ذلك أن الضغط الجوي العالي يجلب طقساً جيداً أما الضغط الجوي المنخفض فيجلب طقساً مُتقلباً.
آلية عمل مقياس غوته للضغط :

عندما يرتفع الضغط الجوي فإنه يضغط على السائل الموجود في (الزلومة) ذات النهاية المفتوحة مما يجعل السائل الموجود في (الزلومة) يهبط للأسفل.

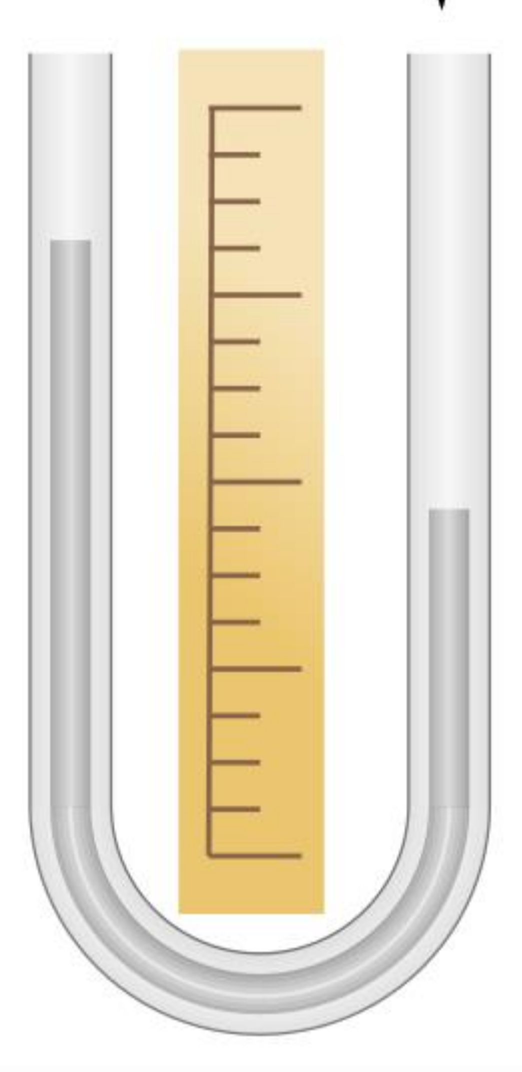


و عندما ينخفض الضغط الجوي فإن مستوى الماء في (الزلومة) ذات النهاية المفتوحة يرتفع نحو الأعلى.



مقياس الضغط المُقارن (المانوميتر) Manometer





أبسط شكلٍ من أشكال المانوميتر يكون عبارة عن أنبوب على شكل حرف U مملوءٌ بشكلٍ جزئي بسائل.
عندما لا يكون المانوميتر متصلٌ بأي شيءٍ من طرفه الآخر فإن الضغط الجوي يؤثر على كلا طرفيه و بذلك يكون الطرفين مُتماثلين .
أما إذا أثر ضغط غاز معين على نهاية الأنبوب الثانية فإنه يدفع السائل خلال الأنبوب.
إن الاختلاف بين مستويي السائلين يُظهر الاختلاف في الضغط بين الغازين أي الاختلاف بين الضغط الجوي و ضغط الغاز الآخر الذي نريد معرفة ضغطه بالنسبة للضغط الجوي.
يؤثر الضغط الجوي على إحدى نهايتي الأنبوب بينما نقوم بوصل الغاز الذي نُريد قياس ضغطه بالطرف الثاني للأنبوب.

الضغط في الغازات

يتكون الغاز من جزيئاتٍ تتحرك بشكلٍ عشوائي و تصطدم ببعضها البعض كما تصطدم مع الأجسام الأخرى و هذه الحركة هي التي تتسبب في إحداث الضغط.
و عندما يوضع الغاز في عبوة أو اسطوانة فإنه يضغط على جدرانها و كلما كان هنالك عددٌ أكبر من جزيئات الغاز (المتحركة بالطبع) في تلك الاسطوانة كان ضغط الغاز على تلك الأسطوانة أو الأنبوبة أكبر ، كما أن ضغط الغاز يزداد كذلك عندما تزداد حرارته ذلك أن الحرارة تتسبب في تسريع حركة جزيئات الغاز مما يؤدي حتماً إلى رفع الضغط.

تدعى درجة الحرارة التي تتوقف فيها الجُزيئات عن الحركة بالصفر المُطلق Absolute zero و هي أي الصفر المُطلق تمثل الصفر في مقياس كالفن (K) Kelvin .
كما مر معنا سابقاً فإن حرارة مادةٍ ما تساوي معدل الطاقة الحركية Kinetic energy لجزيئات تلك المادة ، و كلما كانت جزيئات تلك المادة أسرع حركةً كانت طاقتها الحركية أكبر و كانت درجة حرارتها أعلى.
إن أدنى درجة حرارة يُمكن الوصول إليها (نظرياً) هي درجة الحرارة التي تتوقف عندها حركة جميع الجزيئات بشكلٍ كلي و درجة الحرارة هذه هي درجة الصفر المُطلق و هي تُساوي -273° C أي 273° درجة مئوية تحت الصفرعلى مقياس سيلسيوس ، و الصفر المُطلق هو صفر مقياس كالفن .
كل درجة من درجات مقياس كالفن الحراري تساوي درجة واحدة تماماً من مقياس سيلسيوس (المئوي).
درجة تجمد الماء أي الدرجة صفر مئوية 0° C على مقياس سيلسيوس تعادل الدرجة +273K على مقياس كالفن(درجة التجمد).

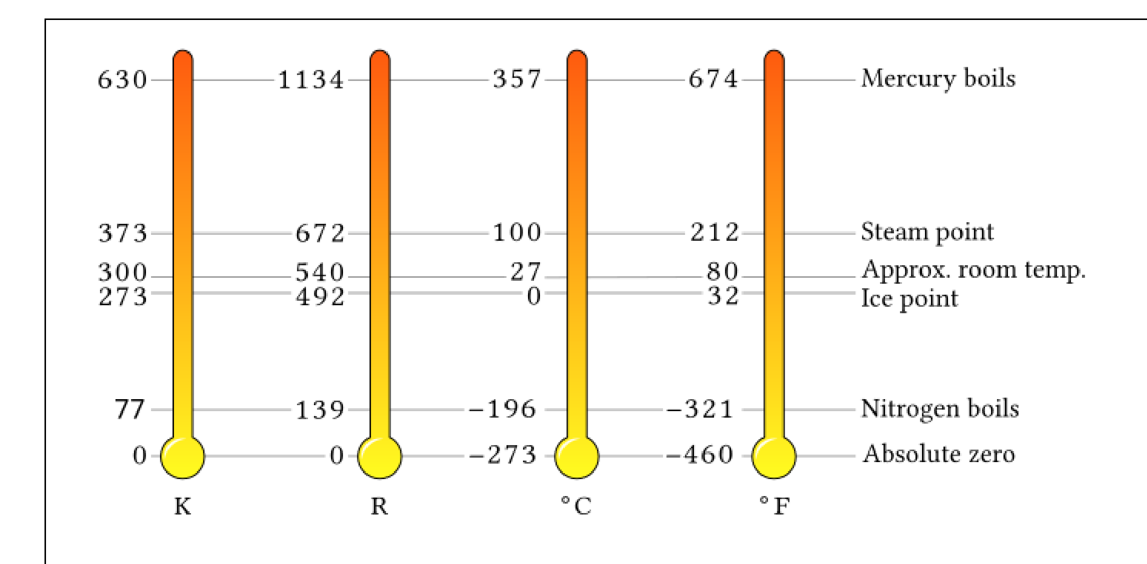
درجة غليان الماء على مقياس سيلسيوس هي 100° C درجة مئوية تعادل 373 K على مقياس كالفن.

-273°C=0 K

0° C=273 K

100° C=373 K

كما ترون فإن هنالك علاقةٌ رقمية ما ما بين هذين المقياسين:
الصفر المطلق المئوي 0° C على مقياس سيلسيوس=صفر كالفن 0K
الصفر المئوي 0° على سيلسيوس = 273 K + كالفن.
درجة الغليان 100° C+ تساوي 373 K+ كالفن (نبدل العدد 2 في الصفر المطلق بالعدد 3).



الضغط و الحجم

هنالك علاقة ما بين ضغط الغاز و حجم العبوة التي يوضع فيها إذا بقيت الحرارة ثابتة، فإذا ضغطنا الغاز إلى حجم أقل فإن ضغطه يزداد .
كلما أصبحت عبوة الغاز أصغر حجماً أصبح ضغطه أكبر و العكس صحيح ذلك أنه كلما ازداد حجم عبوة الغاز انخفض ضغطه.
تُمارس الغازات ضغطاً على جدران العبوات التي توضع فيها ذلك أن جُزيئات الغاز تكون في حالة اصطدام دائم مع جدران عبواتها.
إن الضغط هو إجمالي القوة التي تُنتجها جُزيئات الغاز في المتر المربع لجدران عبوة الغاز.
هنالك علاقة تناسبٍ عكسي ما بين الحجم و الضغط :
فإما أن ينخفض الضغط و يزداد الحجم و إما أن يرتفع الضغط و ينخفض الحجم.
إما أن يزداد حجم الغاز على حساب ضغطه و إما أن يرتفع ضغط الغاز على حساب حجمه.
الضغطP=Pressure
الحجم V=Volume
ضغط الغاز الابتدائي P_1) ضغط الغاز قبل حدوث أي تغير) × الحجم الابتدائيV_1) حجم الغاز قبل حدوث أي تغير) =ضغط الغاز النهائي P_2) ضغط الغاز بعد حدوث التغير)×حجم الغاز النهائي V_2) حجم الغاز بعد حدوث تغير).

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

أسطوانة غاز تحوي نصف مترٍ مكعب من الغاز $0.50\ m^3$ عند الضغط الجوي الاعتيادي (مئة ألف باسكال) $100000pa$ قُمنا بضغط الغاز الموجود في تلك الأسطوانة باستخدام مكبس فأصبح حجم الغاز 2 بالعشرة من المتر المُكعب $0.2\ m^3$.
فإذا كانت الحرارة قد بقيت كما هي فكم أصبح ضغط الغاز؟
لحل هذه المسألة نستخدم معادلة ضغط الغاز و حجمه:

ضغط الغاز الابتدائي P_1) ضغط الغاز قبل حدوث أي تغير) × الحجم الابتدائيV_1) حجم الغاز قبل حدوث أي تغير) =ضغط الغاز النهائي P_2) ضغط الغاز بعد حدوث التغير)×حجم الغاز النهائي V_2) حجم الغاز بعد حدوث تغير).

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

ما هو مجهول المسألة و مطلوبها؟
إنه ضغط الغاز الجديد أي ضغط الغاز بعد حدوث التغير أي ضغط الغاز بعد نزول المكبس P_2 .

إذا كانت لدينا مُعادلة تضم عمليتي ضرب متساويتين تتألف إحداهما (أي التي تحتوي العنصر المجهول) من طرفين اثنين فإن الطرف المجهول في تلك المعادلة يُساوي ناتج قسمة ناتج ضرب عملية الضرب الأولى على العنصر المعلوم المضروب بالعنصر المجهول.
ماذا يعني هذا الكلام؟
$A\times B=C\times D\rightarrow$
$C=?$
$A\times B=?\times D$
$?=\frac{A\times B}{D}$
نقوم بتطبيق الحالة السابقة علة صورة رقمية:

$5\times 20=4\times 25\rightarrow 100=100$
نفترض بأن العدد 4 مجهول
$5\times 20=?\times 25\rightarrow$
$?=\frac{5\times 20}{25}=\frac{100}{25}=4$
$?=4$
و الآن لنجرب العنصر المجهول الثاني:
نفترض بأن الرقم 25 مجهول
$5\times 20=4\times ?\rightarrow$
$?=\frac{5\times 20}{4}=\frac{100}{4}=25$
$?=25$

إذاً يُمكننا إعادة ترتيب المعادلة السابقة :
ضغط الغاز الابتدائي P_1(ضغط الغاز قبل حدوث أي تغير) × الحجم الابتدائي V_1 (حجم الغاز قبل حدوث أي تغير) =ضغط الغاز النهائي P_2(ضغط الغاز بعد حدوث التغير)×حجم الغاز النهائي V_2(حجم الغاز بعد حدوث تغير).
$P_1\times V_1=P_2\times V_2$

بحيث نجعل مجهولها و مطلوب المسألة أي الضغط النهائي (الضغط بعد حدوث التغير) أو الضغط بعد نزول المكبس P_2 نتيجةً لقسمة حاصل ضرب ضغط الغاز قبل حدوث التغير (ضغط الغاز قبل نزول المكبس) P_1 ي حجم الغاز قبل حدوث التغير(قبل نزول المكبس) V_1 مقسومةً على حجم الغاز النهائي أي حجم الغاز بعد أن قام المكبس بضغطه لتصبح V_2
لدينا العلاقة التالية:
$P_2=\frac{P1\times V1}{V2}$
نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة:

$P_2 = \frac{100000 \times 0.50\, m3}{0.5\, m3} = \frac{50000}{0.5} = 250\ 000$ pa

أي أن ضغط الغاز النهائي(ضغط الغاز بعد نزول المكبس) يساوي 250 000 pa باسكال و بما أن كل واحد كيلو باسكال يُساوي ألف باسكال و لذلك فإننا للتحويل إلى كيلو باسكال نقسم على ألف:

250 000 pa/1000=250 K pa

250 K pa كيلو باسكال هو ضغط الغاز بعد ضغطه بالمكبس.

الضغط و الحرارة

كما مر معنا سابقاً فإن الحرارة تُمثل معدل سرعة تحرك جزيئات المادة و لذلك فإنه عندما ترتفع درجة حرارة الغاز فإن جزيئاته تتحرك بسرعةٍ أكبر و هو الأمر الذي يؤدي إلى زيادة ضغط ذلك الغاز ، و العكس صحيح حيث تؤدي الحرارة المنخفضة إلى تبطئة سرعة جزيئات الغاز مما يؤدي إلى انخفاض ضغط الغاز وصولاً للصفر المُطلق الذي يؤدي إلى توقف حركة الجزيئات بشكلٍ كُلي.

و عند تسخين الغاز فإن جُزيئاته تكتسب طاقةً حركية kinetic energy و تزداد سُرعتها فإذا تم احتجاز الغاز في عبوة و لم يتغير حجمه فإن اصطدام جزيئات الغاز ببعضها البعض و اصطدامها بجدران العبوة سوف يزداد قوةً ، كما أن ذلك الاصطدام سوف يتكرر بشكلٍ أكبر و هو الأمر الذي سوف يؤدي بالنتيجة إلى زيادة الضغط داخل العبوة أو الأسطوانة.

حساب تغير الضغط

تبين المعادلة أدناه العلاقة ما بين حرارة و ضغط الغاز (إذا بقي الحجم ثابتاً) فإذا تضاعفت حرارة الغاز مرتين تضاعف حجم الغاز مرتين كذلك ذلك أن هنالك علاقة تناسبٌ طردي ما بين حرارة الغاز و ضغطه.

العلاقة بين حرارة الغاز و ضغطه :

$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$

الضغط الابتدائي أي الضغط قبل حدوث أي تغير P_1 مقسوماً على الحرارة الابتدائية أي الحرارة قبل حدوث تغيير T_1 يساوي الضغط النهائي أي الضغط بعد حدوث التغيير P_2 مقسوماً على الحرارة النهائية أي الحرارة بعد حدوث التغيير T_2.

تحسب الحرارة في المعادلة السابقة بوحدة الكالفن حُكماً.

عجلة سيارة مملوءةً بالهواء تغيرت درجة حرارتها من 25° C إلى 35° C درجة مئوية. فإذا كان ضغط الهواء في العجلة قبل ارتفاع درجة الحرارة يبلغ 500 000 Pa باسكال فكم يُصبح ضغط الهواء بعد ارتفاع درجة الحرارة؟

بما أن المعادلة السابقة لا تعمل إلا مع درجات الحرارة وفق مقياس كالفن فإننا نقوم بتحويل درجات الحرارة المئوية إلى كالفن k و هو أمرٌ في غاية البساطة فبما أن الاختلاف ما بين الصفر في مقياس سيلسيوس صفر مئوي 0° و الصفر في مقياس كالفن (الصفر المُطلق) هو 273 فإن إضافة القيمة 273 لأي درجة حرارة مئوية فإنها تصبح عندها درجة حرارة كالفن و بذلك فإن 25° C درجة مئوية تصبح عند تحويلها إلى درجة كالفن :

25+273=298k

كما أن $35° C$ درجة مئوية تصبح عند تحويلها إلى درجة كالفن :

35+273=308 k

الآن فإن مجهول المسألة و مطلوبها هو مقدار الضغط النهائي أي الضغط بعد ارتفاع درجة الحرارة أي P_2.

$$\frac{\text{الضغط الابتدائي}}{\text{الحرارة الابتدائية}}=\frac{\text{الضغط النهائي}}{\text{الحرارة النهائية}}$$

$$\frac{P1}{T1}=\frac{P2}{T2}$$

نُعيد ترتيب المعادلة بحيث يُصبح الضغط النهائي(الضغط بعد التغيير) P_2 هو موضوعها و مطلوبها:

إذا كانت لدينا عمليتي قسمة متساويتين فإن الطرف المجهول فيهما يُساوي ناتج ضرب أي طرفين مُتصالبين معلومين مقسوماً على الطرف المعلوم الباقي المقسوم على الطرف المجهول:

$$\frac{A}{B}=\frac{C}{D}$$

$$\frac{30}{6}=\frac{100}{20}=5$$

30=100×6=600/20=30

$$\frac{30}{6}=\frac{100}{20}=5$$

6=20×30=600/100=6

$$\frac{30}{6}=\frac{100}{20}=5$$

100=20×30=600/6=100

$$\frac{30}{6}=\frac{100}{20}=5$$

20=100×6=600/30=20

$$\frac{30}{6}=\frac{100}{20}$$

إذاً يُمكننا إعادة ترتيب المعادلة السابقة

$$\frac{P1}{T1}=\frac{P2}{T2}$$

الضغط الابتدائي أي الضغط قبل حدوث أي تغير P_1 مقسوماً على الحرارة الابتدائية أي الحرارة قبل حدوث تغيير T_1 يساوي الضغط النهائي أي الضغط بعد حدوث التغيير P_2 مقسوماً على الحرارة النهائية أي الحرارة بعد حدوث التغيير T_2.

$$\frac{\text{الضغط الابتدائي}}{\text{الحرارة الابتدائية}}=\frac{\text{الضغط النهائي}}{\text{الحرارة النهائية}}$$

بحيث نجعل مجهولها هو نتيجتها على الشكل التالي:

$$P_2=\frac{P1\times T2}{T1}$$

الضغط النهائي = $\frac{\text{الضغط الابتدائي} \times \text{الحرارة النهائية}}{\text{الحرارة الابتدائية}}$

ذا كانت لدينا عمليتي قسمة متساويتين فإن الطرف المجهول فيهما يُساوي ناتج ضرب أي طرفين مُتصالبين معلومين مقسوماً على الطرف المعلوم الباقي المقسوم على الطرف المجهول.

نعوض بالقيم الرقمية المتوفرة لدينا:

$$P_2 = \frac{500\ 000\ Pa \times 308\ k}{298\ k}$$

$$P_2 = \frac{500\ 000\ \text{باسكال} \times 308\ \text{كالفن}}{298\ \text{كالفن}} = \frac{154\ 000\ 000}{298} = 516\ 779\ pa$$

الضغط النهائي p_2 = 516 779 pa باسكال.

للتحويل من باسكال *Pa* إلى كيلو باسكال *k pa* نقسم على ألف لأن كل واحد كيلو باسكال يساوي ألف باسكال :

516 779/1000=517 kpa

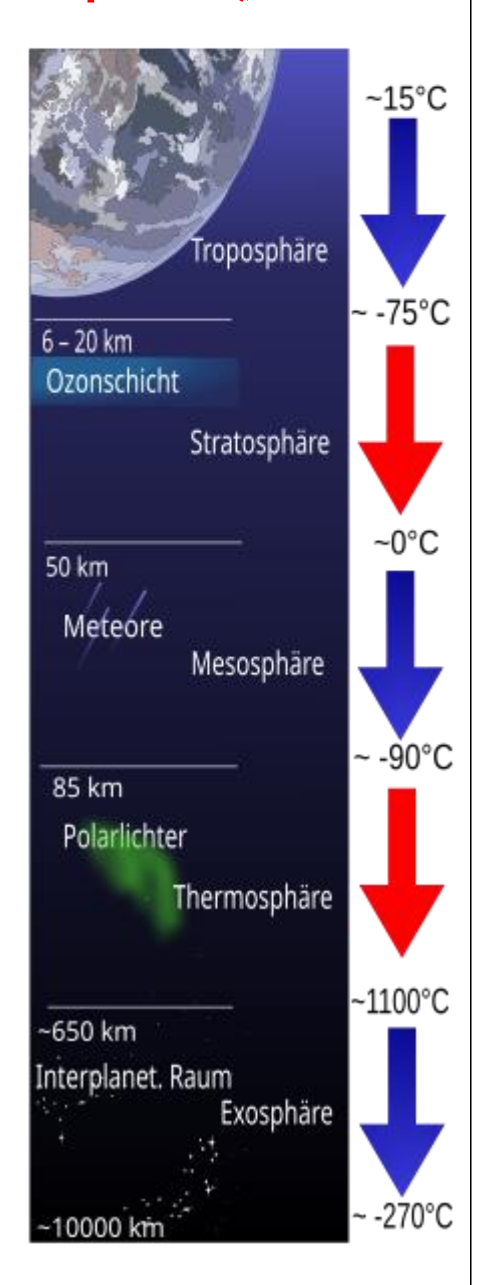
الضغط النهائي *517* كيلو باسكال.

العمل و الطاقة و الحرارة

عندما يتم تحويل الطاقة عن طريق قوة فإننا نقول بأن القوة تقوم بعمل.

نستخدم مصطلح العمل work في الفيزياء للإشارة إلى عملية تحويل الطاقة عندما نُطبق قوةً على جسمٍ ما أي أن العمل هو عملية تحويل الطاقة.

الغلا ف الجوي Earth's atmosphere



يتألف الغلا ف الجوي للأر ض من عدة طبقات و تتميز الطبقة الخارجية العليا بأنه ليس لها حدٌ علوي مميز و لذلك فإنها تتلا شى بشكلٍ تدريجي في الفضاء الخارجي و هذه الطبقة تدعى بالغلا ف الجوي الخارجي exosphere و يمكن لجزيئات الغاز أن تتسرب من هذه الطبقة إلى الفضاء الخارجي.

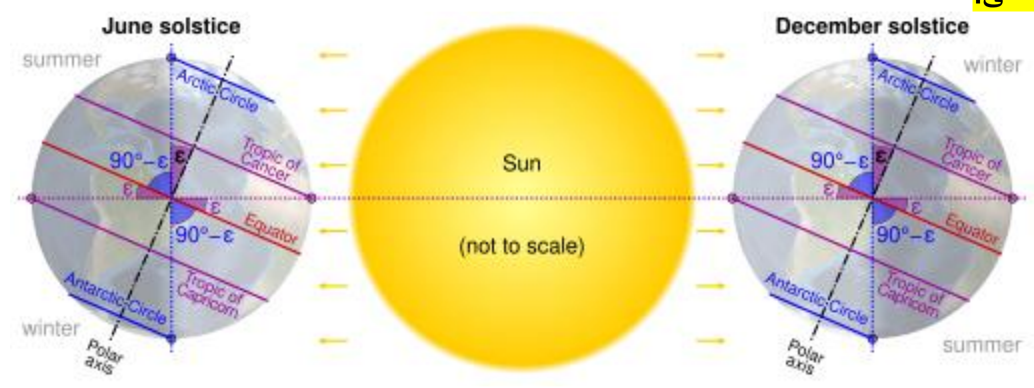
الغلاف الجوي الحراري thermosphere و يقع تحت الغلاف الجوي الخارجي و في هذه الطبقة من طبقات الغلاف الجوي تتوضع مدارات المحطات الفضائية (الأقمار الصناعية).

الغلاف الواقي من الشهب و النيازك (الميزو سفير) Mesosphere و يقع تحت الغلا ف الحراري و هذه الطبقة تقوم بحرق النيازك و الشهب .

طبقة الوقاية من الأشعة الفوق بنفسجية أي طبقة الأوزون (الستراتوسفير) Stratosphere هذه الطبقة تقوم بامتصاص الأشعة الفوق بنفسجية UV الضارة من أشعة الشمس و تمنعها من الوصول إلى الأرض، و في الجزء السفلي من هذه الطبقة تطير الطائرات و لهذا السبب فإن الطيارين يتعرضون لمقدارٍ من الأشعة الفوق بنفسجية الضارة يفوق المقادير التي يتعرض لها الأشخاص الاعتياديين.

الطبقة المناخية (التروبوسفور) Troposhere و هي الطبقة الدنيا من الغلاف الجوي و فيها تقع جميع العوامل المناخية (الغيوم و الأمطار و العواصف ...).

إن محور الكرة الأرضية أي محور دوران الأرض مائل بمقدار °23.5 درجة باتجاه الشمس و نتيجة ذلك فإن أجزاء الكرة الأرضية التي تقع ضمن ذلك الميلا ن تتلقى مقداراً أكبر من أشعة الشمس كل يوم مقارنةً بالأجزاء التي يكون ميلانها معاكساً لا تجاه الشمس، و يبقى ميلا ن محور الدوران هذا ثابتٌ على الدوام.
يتلقى نصف الكرة الأرضية المائل نحو الشمس مقداراً أكبر من أشعة الشمس كما أن اليوم فيه يكون أطول ، أما الأجزاء التي تقع خارج ميلان محور الأرض فتتميز بيومٍ أقصر و حرارةٍ أدنى.



الاعتدال الربيعي spring equinox و الاعتدال الخريفي fall equinox هما فترتين في السنة التين يتساوى فيهما الليل مع النهار.
خلال الصيف تكون الشمس أكثر ارتفاعاً و تكون قابلةً للرؤية لمدةٍ أطول.
يحدث تعاقب الفصول بسبب ميلان محور الأرض.
عندما يكون القطب الشمالي مائلاً نحو الشمس يكون الصيف في نصف الكرة الشمالي.
عندما يكون نصف الكرة الجنوبي مائلاً نحو الشمس يكون هنالك صيفٌ في نصف الكرة الجنوبي.
يُمكن للمدار أن يكون دائرياً أو بيضاوياً (إهليليجياً) – في المدارات الدائرية تكون سرعة الجسم speed ثابتةٌ دائماً أما سرعة الجسم الموجهة velocity فتكون دائماً متغيرة لأن اتجاهه يكون دائماً متغيراً.

أنواع المدارات

المدارات الثابتة Geostationary orbits

المدارات الثابتة هي مداراتٌ تبقى ثابتة فوق خط الاستواء و هي تُكمل دورةً كاملة كل 23 ساعة و 56 ثانية ، أي أن دوران هذه المدارات يكون متطابقاً و متزامناً مع دوران الأرض و ذلك يعني بأن المحطات الفضائية التي توضع في هذه المدارات تبقى ثابتة فوق النقاط الأرضية التي وضعت تلك المحطات فوقها.

تُستخدم المدارات الثابتة للمحطات الفضائية (الأقمار الصناعية) المخصصة للاتصالات و التنبؤ بالطقس و أقمار التجسس المخصصة للتجسس على بقاع معينة من العالم.

المدارات القُطبية polar orbits

تتحرك الأقمار الصناعية الموجودة في المدارات القطبية حول الأرض من القطب إلى القطب و بذلك فإنها تمر فوق أجزاء مختلفة من الأرض.

السنة الضوئية light-year هي المسافة التي يقطعها الضوء في عامٍ كامل و هي تساوي تقريباً 9.5 trillion km ترليون كيلو متر .

تبعد الشمس 8 دقائق ضوئية عن الأرض.

الأجزاء و المضاعفات

النانو ميتار nanometer
رمزه (nm)
لتحويل قيمةٍ ما إلى نانو ميتار (nm) تضرب تلك القيمة بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية التاسعة 10^{-9}
لماذا؟
لأن النانوميتار (nm) جزءٌ من مليار من المتر :
1(nm) = 0.000 000 00.1m
كل واحد نانو ميتار يعادل جزءً واحداً من مليار من المتر .
كل واحد متر يساوي مليار نانو ميتار .
0.000 000 001
لدينا تسع خانات ما بين أول عددٍ من الرقم من الجهة اليُمنى و لغاية النقطة العُشرية و لذلك فإننا نُعبر عن النانو ميتار بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية التاسعة.
10^{-9}
كل واحد نانو ميتار يساوي :
10^{-9}×1=000 000 001
عكس النانو هي القيمة (غيغا) 1.000 000 000 أي مليار (9 أصفار)
النانو ميتار (nm) هي وحد قياس للأطوال المتناهية الصغر و حسب كالفيروسات مثلاً لا تستخدم وحدة النانو ميتار إلا للتعبير عن الأطوال ؛ لا تستخدمها أبداً على أنها جزءٌ من المليار إلا جزءٌ من المليار من المتر فقط و ليس أي شيءٍ آخر.

المايكرو (µ) micro

المايكرو (µ) micro الواحد يُساوي جزءاً واحداً من المليون أي واحد من المليون .
1 micro (µ)= 0.000 001
كل واحد مايكرو (µ) micro يساوي واحد بالمليون 0.000 001 .
0.000 001×1000 000=1
نعبر عن أي قيمة بوحدة المايكرو بضربها بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية السادسة.
10^{-6}
لماذا؟
لأننا إذا بدأنا العد من الجهة اليمنى و لغاية الفاصلة أو النقطة العشرية نجد بأن هنالك ست خانات و لذلك فقد عبرنا عن هذه القيمة بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية السادسة10^{-6} و هي القوة التي يجب أن نضرب بها أي قيمة حتى نحولها إلى مايكرو.

الميلي milli (m)

الميلي قيمةٌ تبلغ واحد بالألف 0.001 و نعبر عن هذه القيمة بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية الثالثة 10^{-3} .
نبدأ بالعد ابتداءً من الجهة اليمنى و لغاية النقطة أو الفاصلة العشرية فنجد ثلاثة أعداد 001 أي ثلاثة خانات و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة السلبية الثالثة.
قمنا بالتعبير عن الرقم العشري 0.001 بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية الثالثة لأن هنالك ثلاث خانات (أعداد) إلى يمين الفاصلة العشرية.

القيمة المعاكسة للميلي هي القيمة ألف 1.000 و التي نُعبر عنها بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة الإيجابية الثالثة.
رفعنا الرقم عشرة للقوة الثالثة لأن هنالك ثلاثة خانات ابتداءً من الجهة اليمنى و لغاية النقطة أو الفاصلة.
$1\times10^{3}=1.000$ ألف
الميلي متر= واحد على ألف من المتر
الميلي غرام= واحد على ألف من الغرام.
1 mg=0.001 g

السنتي Centi

رمز السنتي C و هو يُساوي واحد بالمئة 0.01 و نعبر عن هذه القيمة بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية الثانية 10^{-2} . لماذا؟
لأنه رقمٌ عشري أقل من واحد فإننا نعبر عنه بقوةٍ سلبية و لأن هنالك خانتين اثنتين أي عددين إلى يمين الفاصلة فإننا نعبر عن هذه القيمة برفع العدد عشرة للقوة السلبية الثانية.
عكس القيمة سنتي هي القيمة مئة 100 و التي نُعبر عنها بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة الثانية :
$10^{2}=10\times10=100$
$1\times10^{2}=100$

الكيلو K (ألف)

الكيلو يُساوي ألف و نعبر عنه بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة الثالثة :
1.000
$10^{3}=10\times10\times10=1000$
عبرنا عن القيمة ألف 1.000 بعشرة مرفوعة للقوة الثالثة لأن هنالك ثلاث خانات (ثلاث أعداد أو ثلاث أصفار) إلى يمين العدد واحد.

$1\times10^{3}=1000$

القيمة المُعاكسة للقيمة كيلو هي القيمة (ميلي) و هي تساوي واحد بالألف 0.001

كيلو≠ميلي

الميغا-مليون

1.000 000

و نعبر عنها بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السادسة .

لماذا؟

نعبر عن الرقم مليون 1.000 000 (ميغا) بقوة إيجابية لأنها عددٌ صحيح (أعلى من العدد واحد) و لأن الخانة التي تقع في أقصى يسارها يشغلها عددٌ غير الصفر.

نعبر عن القيمة مليون بعشرة مرفوعة للقوة السادسة 10^6 لأن هنالك ست خانات قبل الفاصلة ابتداءً من الجهة اليمنى في الرقم مليون (ميغا) 1.000 000

$1\times10^6=1.000\ 000$

لتحويل أي قيمة إلى ميغا فإننا نضربها بعشرة مرفوعة للقوة السادسة.

القيمة المعاكسة للقيمة (ميغا) أي مليون هي القيمة السلبية مايكرو أي واحد في المليون :

0.000 001 و الذي نعبر عنه بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة السلبية السادسة 10^{-6}

$1\times10^{-6}=0.000\ 001$

الميغا≠ المايكرو

الغيغا – مليار -ألف مليون Giga 1.000 000 000

1.000 000 000 بما أن هنالك 9 خانات إلى يمين النقطة فإننا نعبر عن هذه القيمة بعشرة مرفوعة للقوة التاسعة 10^9.

و بالطبع بما أن الرقم **1.000 000 000** رقمٌ صحيح أكبر من الصفر و ليس رقماً عشرياً لأن أول خانةٍ فيه من الجهة اليسرى شغلها عددٌ غير الصفر فذلك يعني بأن هذه القيمة قيمةٌ إيجابية و لذلك فإننا نرفع العدد عشرة لقوةٍ إيجابية.

$1\times10^9=1.000\ 000\ 000$

القيمة المعاكسة للقيمة غيغا(مليار) هي القيمة السلبية نانو nano (n) أي واحد بالمليار :

$0.000\ 000\ 001=10^{-9}$

انتبه جيداً :

تستخدم القيمة غيغا لقياس حجم بيانات الحاسب (جيغا بايت).

تستخدم القيمة السلبية نانو كوحدة قياس لقياس أبعاد الكائنات و الأجسام المُتناهية الدقة (نانو ميتار) .

التيرا T-Tera ألف مليار –ألف غيغا1.000 000 000 000

1.000 000 000 000

بما أن هذا الرقم رقمٌ صحيح (أكبر من العدد واحد) و ليس رقماً عشرياً ، و بما أن أول عددٍ فيه من الجهة اليسرى لم يكن صفراً فذلك يعني بأن هذا الرقم يمثل قيمةً إيجابية.

بما أن هنالك 12 خانة (عدد) ابتداءً من الجهة اليمنى و لغاية النقطة فإننا نعبر عن القيمة (تيرا) ألف مليار بالرقم عشرة مرفوعاً للقوة الموجبة الثانية عشرة 10^{12}

$1.000\ 000\ 000\ 000=1\times10^{12}$

كل خانة تساوي عشرة و لذلك فإذا كانت لدينا خانتين في الرقم فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الثانية و إذا كانت لدينا ثلاث خانات فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الثالثة و إذا كانت لدينا أربع خانات فإننا نرفع العدد عشرة للقوة الرابعة و إذا كانت لدينا خمس خانات فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الخامسة.

و بالطبع فإنني أعني بالخانة العدد .

متى أرفع الرقم عشرة لقوة إيجابية و متى أرفعه لقوةٍ سلبية؟

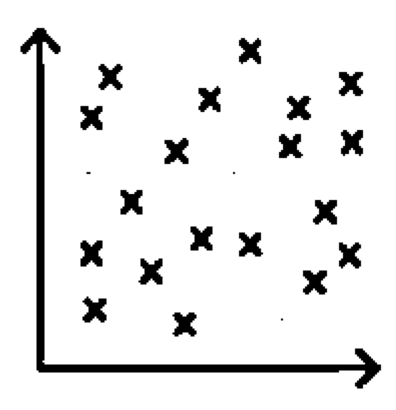
بكل بساطة إذا كان الرقم رقماً عشرياً أي إذا كانت قيمته أدنى من العدد واحد ، أي إذا كان أول عددٍ في ميسرته هو الصفر فإنني أعبر عن ذلك الرقم بقيمةٍ سلبية أي أنني أرفع الرقم عشرة لقوةٍ سلبية.

أما إذا كان ذلك الرقم رقماً صحيحاً أي إذا كان أول عددٍ في ميسرته عددٍ آخر غير الصفر فإنني أعبر عن ذلك الرقم بقيمةٍ إيجابية أي أنني أرفع الرقم عشرة لقوةٍ إيجابية.

العلاقة بين متغيرين

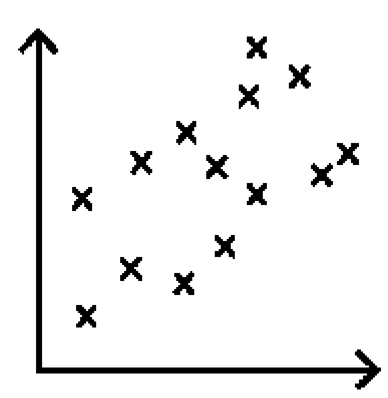
إذا كانت هنالك علاقة بين مُتغيرين يُقال بأن هذين المتغيرين مترابطين.
إن وجود علاقة بين مُتغيرين لا تعني بأن أحدهما سببٌ في حدوث الآخر.
يُقال بأن العلاقة بين مُتغيرين هي علاقةٌ خطية إذا شكلت نقاط الإحداثيات خطاً مُستقيماً على المستوي البياني.
توصف العلاقة بين مُتغيرين بأنها علاقةٌ نسبية إذا انطلق الخط البياني من نقطة الصفر(نقطة التقاء المستقيمين البيانيين).

لا علاقة بين متغيرين



عندما لا تكون هنالك علاقةٌ بين متغيرين فإن النقاط الإحداثية تكون مُشتتة و عشوائية.

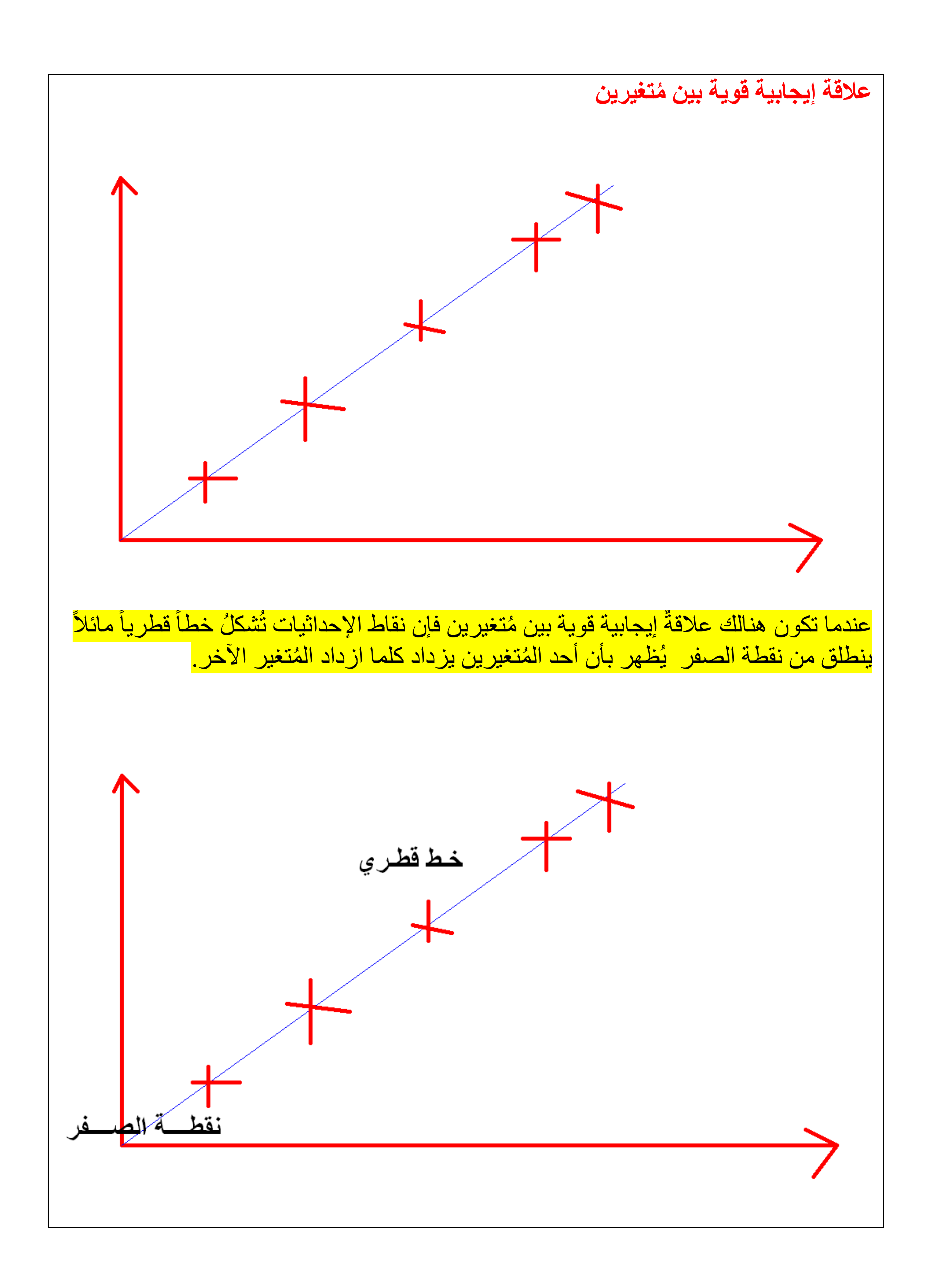
علاقة ضعيفة بين مُتغيرين

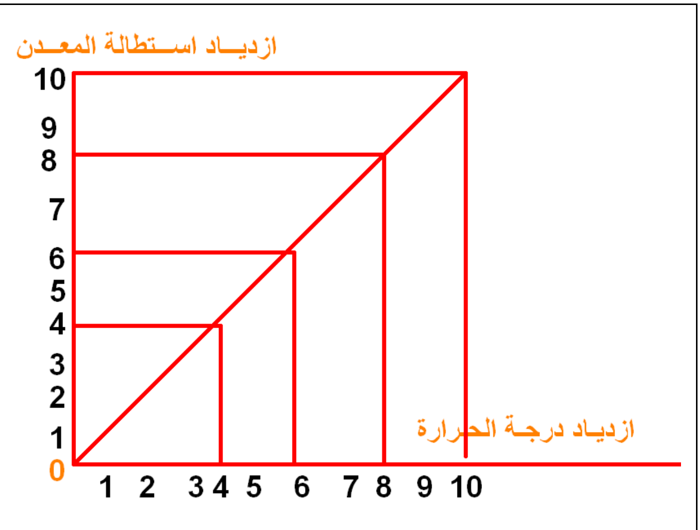


عندما تكون العلاقة ضعيفة بين مُتغيرين تبدو النقاط الإحداثية شبه مُنتظمة و لكنها ليست منتظمة في خطٍ مستقيم واحد.

علاقة إيجابية قوية بين مُتغيرين

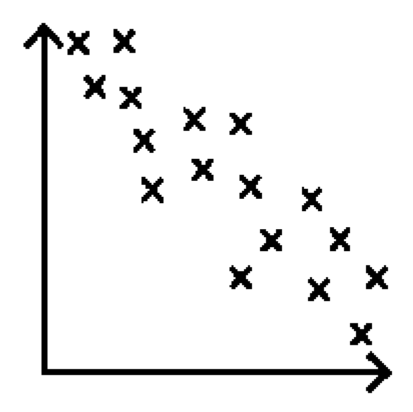
عندما تكون هنالك علاقةٌ إيجابية قوية بين مُتغيرين فإن نقاط الإحداثيات تُشكلُ خطاً قطرياً مائلاً ينطلق من نقطة الصفر يُظهر بأن أحد المُتغيرين يزداد كلما ازداد المُتغير الآخر.



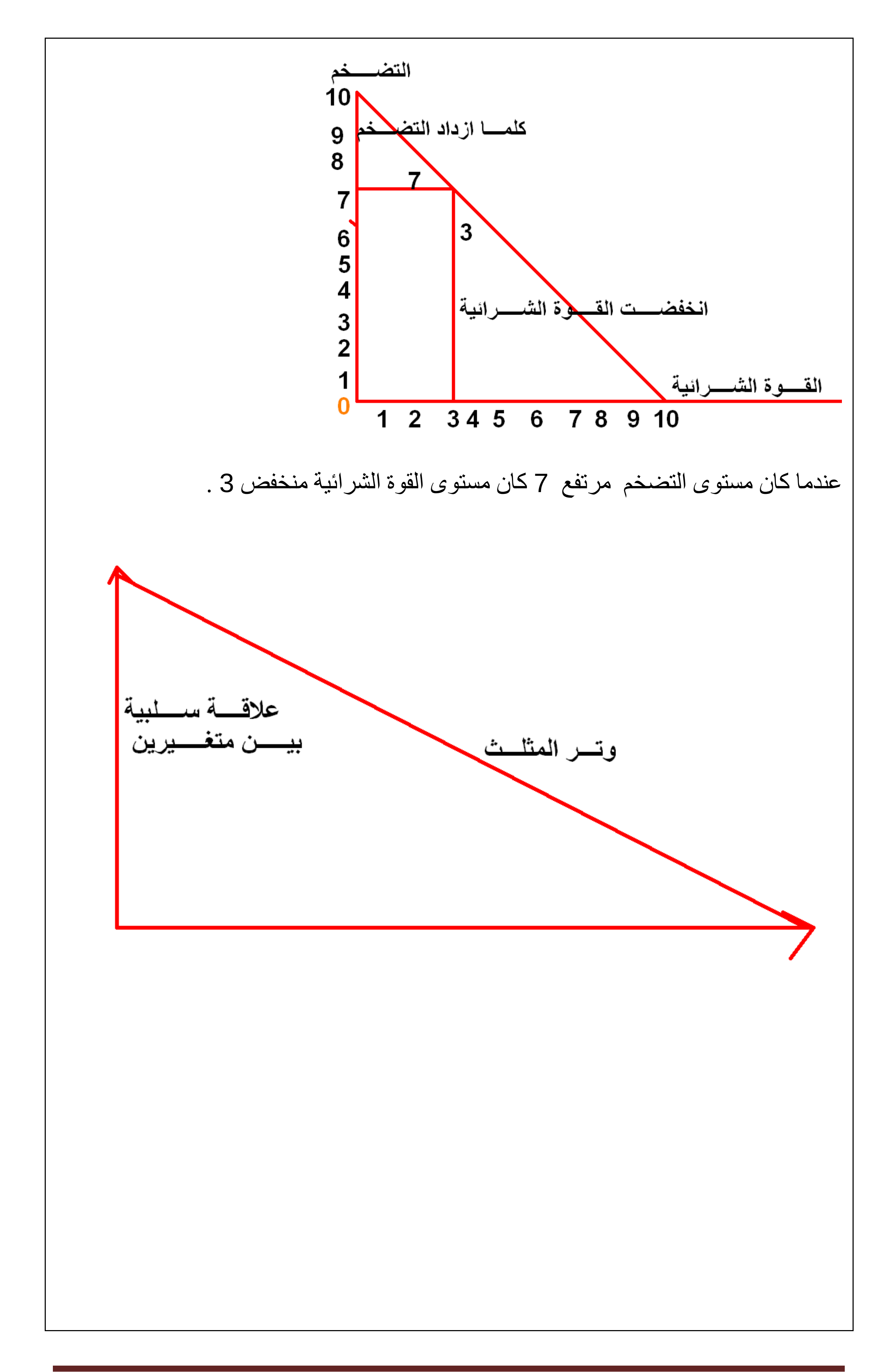


يَظهر المستوي الإحداثي السابق كيف أن استطالة المعدن تزداد كلما ازدادت درجة الحرارة.

علاقة سلبية بين مُتغيرين



عندما يزداد أحد المتغيرين كلما نقص المُتغير الآخر نقول بأن هنالك علاقةٌ سلبية قوية بين هذين المتغيرين و في هذه الحالة تُشكل النقاط الإحداثية خطاً مائلاً يُشكل وتراً و همياً لمثلثٍ قائم الزاوية(وتر المثلث هو أطول ضلع في المثلث القائم الزاوية كما أنه الضلع المائل الوحيد في المثلث القائم الزاوية ،و المثلث القائم الزاوية لمن لا يعرف هو مثلثٌ يحتوي على زاوية قائمة قياسها 90° درجة).

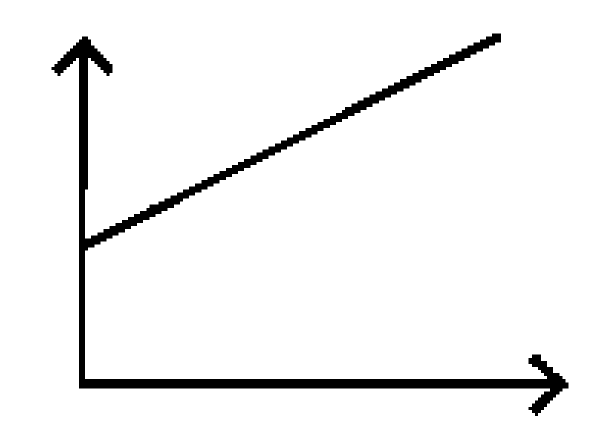


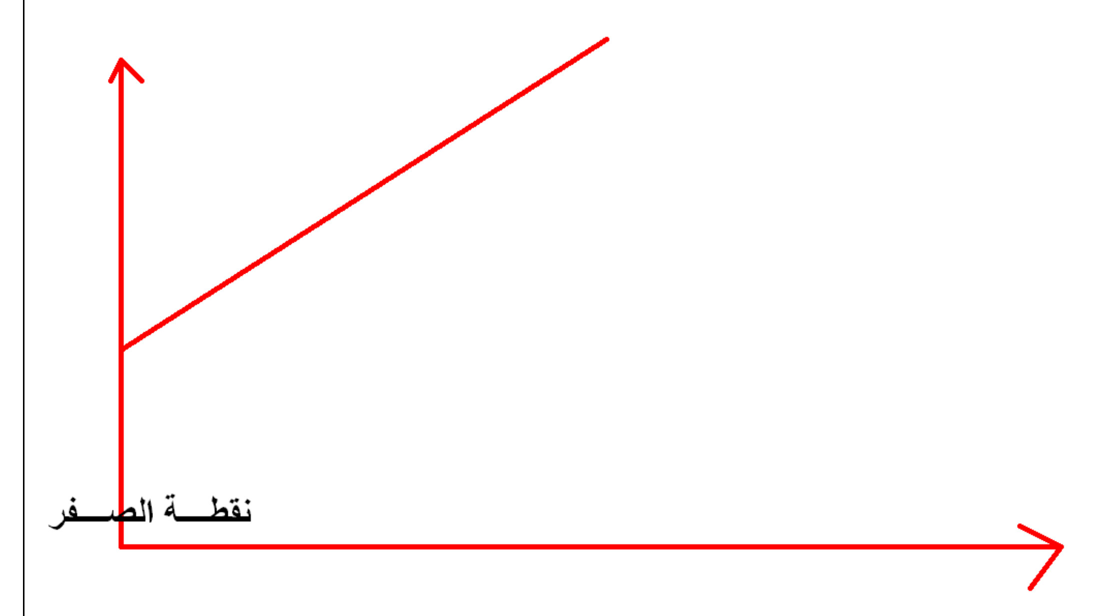
عندما كان مستوى التضخم مرتفع 7 كان مستوى القوة الشرائية منخفض 3 .

العلاقة الخطية و العلاقة النسبية

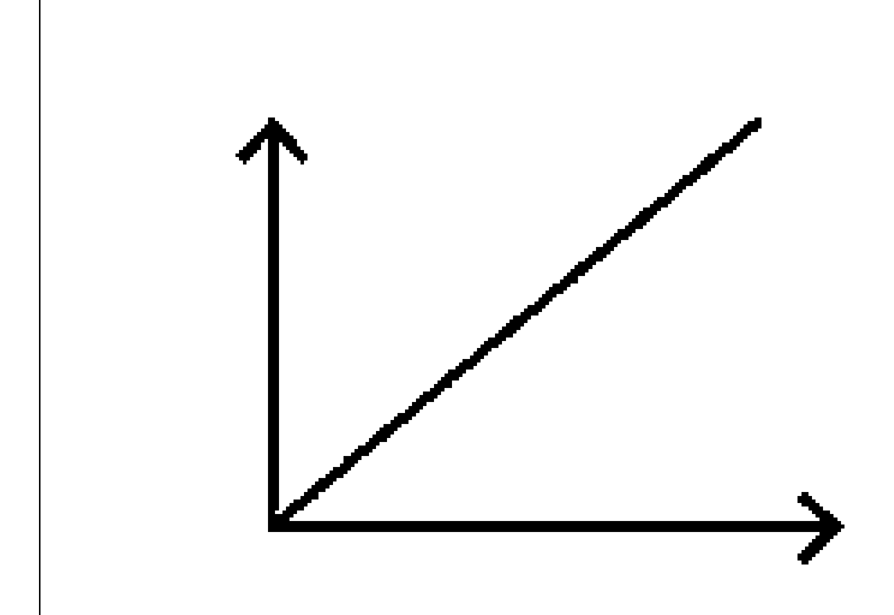
العلاقة الخطية

توصف علاقةٌ ما بين مُتغيرين بأنها علاقةٌ خطية إذا شكلت نقاط الإحداثيات خطاً مُستقيماً ، و لكن ليس من الضروري في العلاقة الخطية أن ينطلق ذلك المستقيم أو ذلك الخط من نقطة الصفر(نقطة التقاء المستقيمين الأفقي و العمودي).





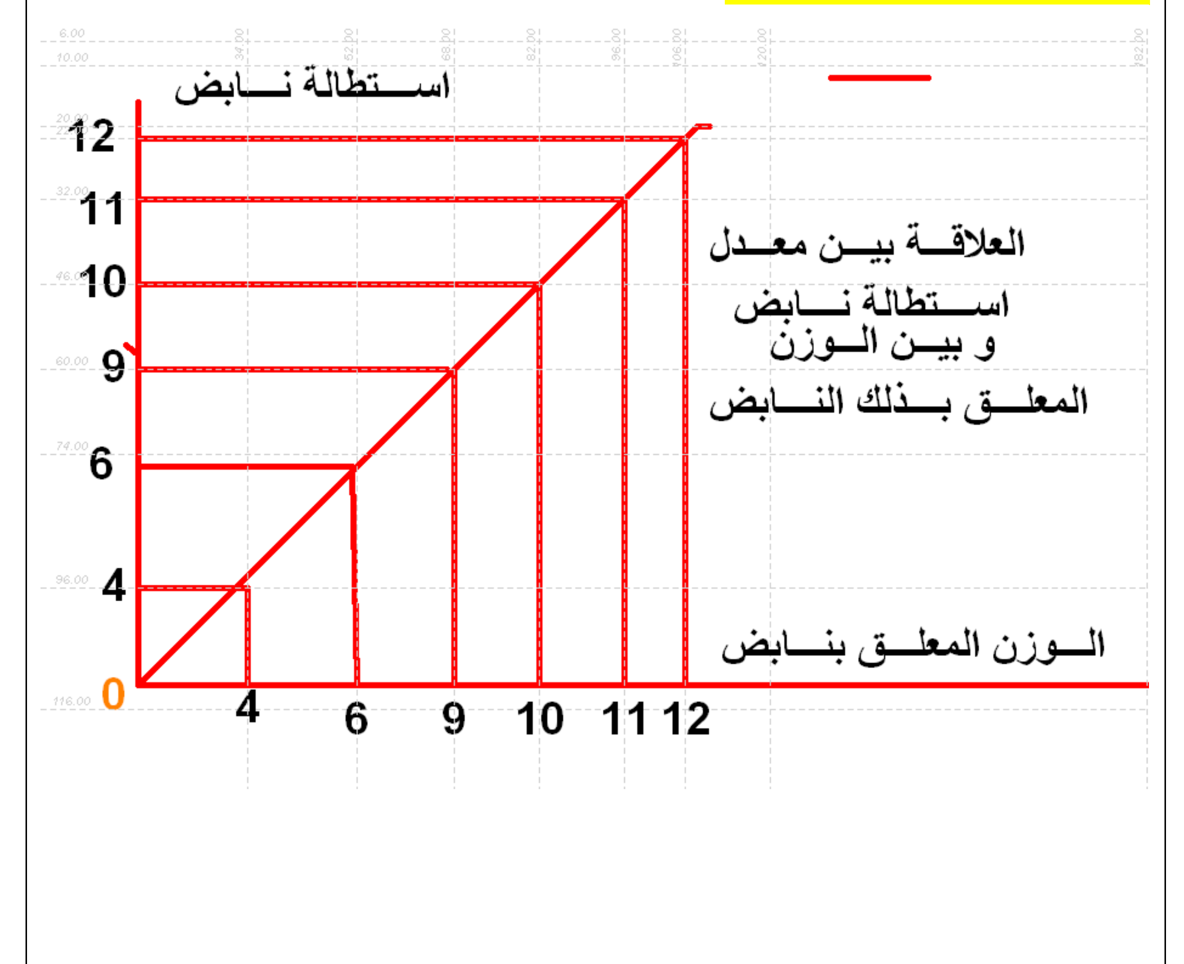
شكلت العلاقة بين المتغيرين خطاً مستقيماً لأن العلاقة بين المتغيرين كانت علاقة خطية غير أن هذا الخط المستقيم لم ينطلق من نقطة الصفر (نقطة التقاء المستقيمين).



العلاقة النسبية

توصف العلاقة بين مُتغيرين بأنها علاقةٌ نسبية إذا شكلت النقاط الإحداثية خطاً مستقيماً قُطرياً مائلاً ينطلق من نقطة الصفر .

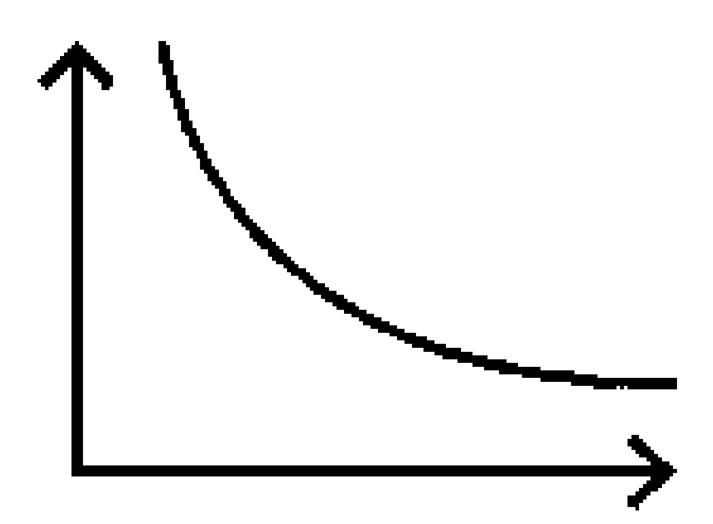
عندما تكون العلاقة بين مُتغيرين علاقةٌ نسبية فذلك يعني بأنه إذا تضاعف أحد المتغيرين فإن المتغير الآخر سوف يتضاعف كذلك.



علاقة التناسب العكسي Inversely proportional

في علاقة التناسب العكسي عندما يتضاعف أحد المتغيرين فإن قيمة المتغير الثاني تنخفض إلى النصف.

تُشكل النقاط الإحداثية في علاقة التناسب العكسي خطاً مُنحنياً نحو الداخل.



الأخطاء الجهازية Systematic errors – الأخطاء المنهجية

ينتج الخطأ المنهجي عن خطأٍ في أجهزة القياس أو خطأٍ يقع فيه مُستخدم تلك الأجهزة مثل عدم قيامه بتصفير zeroing المقاييس و الموازين قبل استخدامها أو وجود خلل في جهاز القياس ذاته مثل كون ساعة التوقيت التي نضبط عليها زمن التجربة غير دقيقة.

ما يُميز الأخطاء المنهجية أنها غالباً ما تكون أخطاء ثابتة تتكرر عند إعادة القياس و بذلك فإنها تختلف عن الأخطاء العشوائية .

الأخطاء العشوائية هي أخطاءٌ محيرة نحصل عند وقوعها على نتائج مختلفة في كل مرة نعيد فيها التجربة.

صلاحية التجربة

هنالك شروطٌ للتجربة لا بد من تحققها حتى توصف بأنها تجربةٌ علمية صالحة و هذه الشروط هي:

أن يتمكن المخبري من ضبط جميع المُتغيرات و التحكم بها باستثناء المُتغير موضوع التجربة.

أن تكون التجربة قابلةً للتكرار من قبل أشخاص آخرين و باستخدام أجهزة قياسٍ أخرى و أن يحصلوا على النتائج ذاتها أو نتائج قريبة من النتائج التي توصلنا إليها.

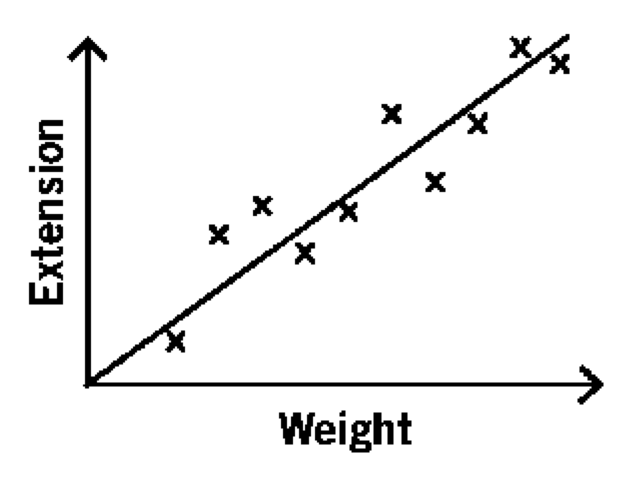
أن يحصل المخبري ذاته على النتائج ذاتها أو نتائج قريبةً منها في كل مرة يُعيد فيها التجربة ذاتها .

أن ترتبط التجربة بفرضية تسبق إجراء التجربة و نتائج نستنتجها من تلك التجربة.

تمثل الإحداثيات التالية رصداً لتجربةٍ تتعلق ببيان العلاقة ما بين استطالة نابض بالوزن الذي يتم تعليقه بذلك النابض .

التجربة غير دقيقة

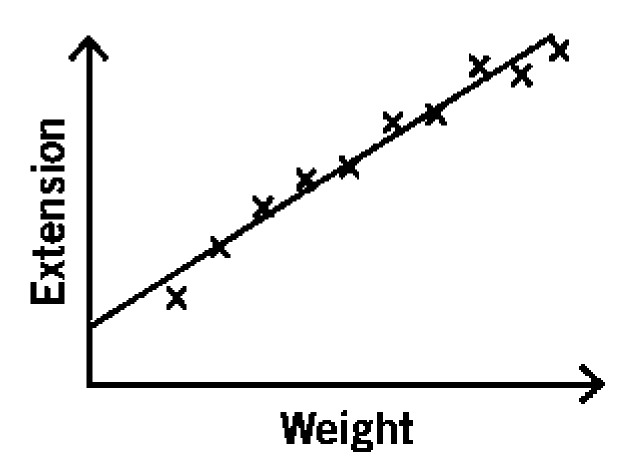
استطالة النابض



الوزن

يُبين الشكل كيف أن النقاط الإحداثية تنتشر حول الخط البياني و لكن أياً منها لا تقع عليه و لذلك فإن التجربة غير دقيقة.

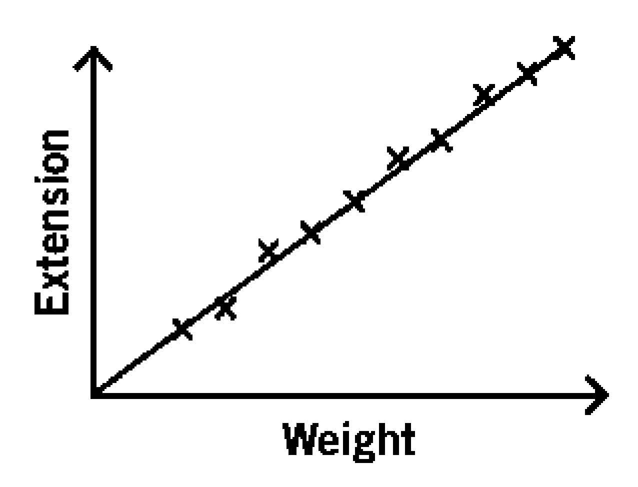
التجربة دقيقة و لكنها غير صحيحة



يُبين الشكل كيف أن النقاط الإحداثية أكثر قُرباً من الخط البياني و لذلك فإن البيانات دقيقة ،غير أن عدم مرور المستقيم البياني من نقطة الصفر (أي نقطة التقاء المستقيمين الإحداثيين المتعامدين) تدل على وجود خطأ منهجي systematic error أدى إلى التوصل إلى نتائج غير صحيحة، وقد يكون سبب هذا الخطأ المنهجي عدم القيام بتصفير المقياس (نابض المقياس) قبل إجراء التجربة.

من الممكن أن نحصل على نتائج دقيقة و لكنها غير صحيحة في حال لم يتم تصفير موازين القياس أو في حال لم يتم تصفير ساعات قياس الزمن و في هذه الحالة تتم إزاحة نقطة الصفر إلى موضعٍ آخر بعيد عن نقطة الصفر الحقيقية التي هي نقطة تعامد المستقيمين الإحداثيين مع بعضهما البعض.

التجربة دقيقةٌ و صحيحة



تقع النقاط الإحداثية قريباً جداً من الخط البياني كما أن الخط البياني ينطلق من نقطة الصفر و لذلك فإن البيانات صحيحة و دقيقة.

يمكن لنتائج التجربة أن تكون دقيقة و غير صحيحة (في حال لم يتم تصفير موازين و ساعات القياس) و لكن لا يُمكن أن تكون نتائج التجربة صحيحة و غير دقيقة.

النماذج الرياضية Mathematical models- النمذجة الرياضية

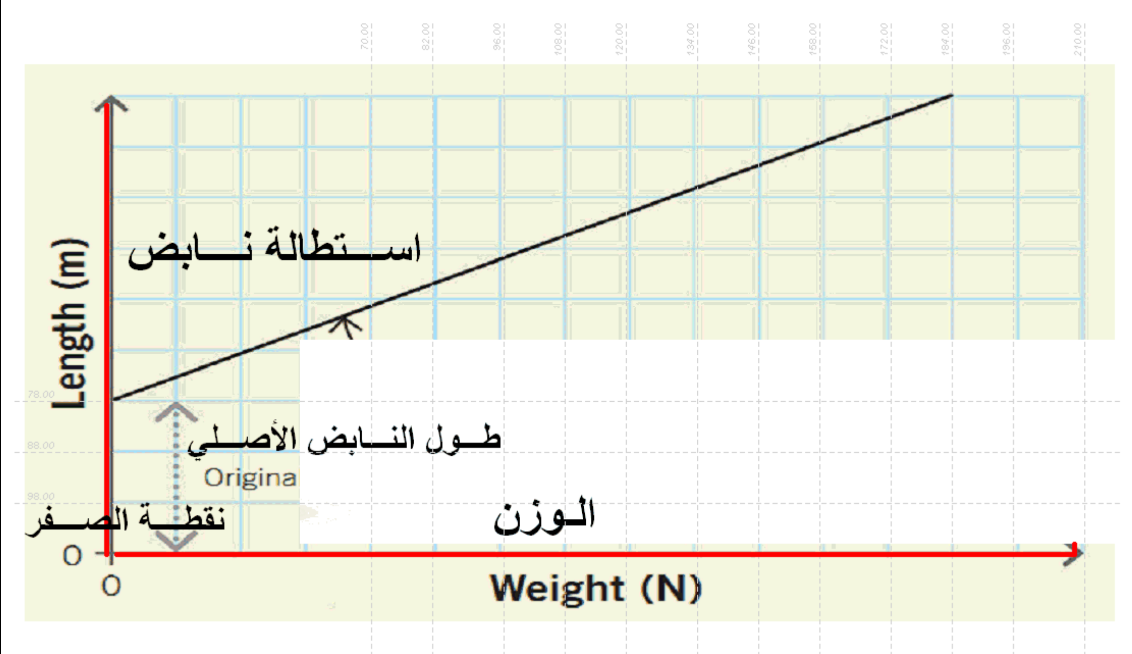
تعني النمذجة الرياضية التعبير عما يحدث في الحياة الاعتيادية عل شكل معادلة رياضية.

المعادلات الخطية Linear equations و العلاقة الخطية

إذا أنتجت العلاقة بين مُتغيرين خطاً بيانياً مستقيماً فإننا نقول بأن تلك العلاقة هي علاقةٌ خطية Linear relationship.

البعد ما بين نقطة انطلاق النابض و نقطة الصفر يُمثل الطول الأصلي للنابض لأنه لا علاقة للطول الأصلي للنابض بمجريات التجربة و لذلك فقد قُمنا بإبعاد نقطة انطلاق الخط البياني عن

نقطة الصفر على المستقيم العمودي الذي يُمثل مدى استطالة النابض بمقدار الطول الأصلي للنابض.



يُمثل الخط البياني المائل المعادلة التالية :

استطالة نابض =(ثابت النابض× الوزن المُعلق بالنابض)+الطول الأصلي للنابض.

حل المسائل الفيزيائية

من أهم التقنيات المُستخدمة في حل المسائل الفيزيائية هي عملية إعادة ترتيب المعادلات الفيزيائية بما يُناسب حاجتنا لحل المسألة و تحديد قيمة العنصر المجهول فيها.

مثال:

القوة=الكتلة×السرعة

$F=m\times a$

لمعرفة الإمكانات المُتاحة أمامنا لإعادة ترتيب معادلة أو علاقة ما نفترض بأن كل رمزٍ من رموزها يساوي قيمةً بسيطة ما شرط أن تكون تلك القيمة منطقيةً بالنسبة لتلك العلاقة:

$F=8$

$m=2$

$a=4$

$F=m\times a$

$8=2\times 4$

الآن ما يهمنا في الأمر هو كيف نعيد ترتيب العلاقة السابقة شريطة أن تبقى النتيجة واحدة؟ و ما هي الاحتمالات المتاحة أمامنا لتغيير ترتيب العناصر في تلك المعادلة.

هل يُمكن قسمة كلا طرفي المعادلة $F=m\times a$ على العنصر الأول m في الطرف الثاني $m\times a$ ؟

F=m×a

$$\frac{F}{m}=\frac{m\times a}{m}$$

و بالطبع فإن الكسر عملية قسمة مُعلقة :

$$\frac{F}{m}=\frac{8}{2}=4$$

$8/2=4$

$$\frac{m\times a}{m}=\frac{2\times 4}{2}=\frac{8}{2}=4$$

$4=4$

إذاً فإن قسمة كلا الطرفين على الطرف الأول لا تُغير النتيجة:

$$\frac{F}{m}=\frac{m\times a}{m}$$

هل يُمكن قسمة كلا الطرفين F وm×a على العنصر الثاني a من الطرف الثاني m×a ؟

F=m×a

$$\frac{F}{a}=\frac{m\times a}{a}$$

$$\frac{8}{4}=\frac{2\times 4}{4}$$

$$\frac{8}{4}=2$$

$$\frac{2\times 4}{4}=\frac{8}{4}=2$$

2=2

إذاً يُمكننا قسمة كلا طرفي المعادلة على العنصر الثاني a من الطرف الثاني m×a .

في وضعية قسمة كلا الطرفين على الطرف الأول هل يُمكن حذف العنصر المكرر m من الطرف الثاني في المعادلة؟

$$\frac{F}{m}=\frac{m\times a}{m}$$

$$\frac{F}{m}=\frac{m\times a}{m}$$

$$\frac{F}{m}=\frac{8}{2}=4$$

$$\frac{m\times a}{m}=\frac{\cancel{2}\times 4}{\cancel{2}}=4$$

$$4=4$$

F=8

m=2

a=4

إذاً في وضعية قسمة كلا الطرفين على الطرف الأول يُمكن حذف العنصر المكرر m من الطرف الثاني في المعادلة دون أن تتغير النتيجة .

لا تقم أبداً بإعادة ترتيب أي معادلة إلا بعد أن تتأكد من إمكانية إعادة ترتيب عناصر تلك المُعادلة بطريقة استبدال رموز المعادلة بأعداد بسيطة.



$1.7000\ 000\ 000=1.7\times10^{10}$

$6.2000\ 000\ 0000=6.2\times10^{12}$

كيف نُعبر عن الأرقام الكبرى على شكل قوة ؟

بالنسبة للأعداد الكبيرة نبدأ العد ابتداءًً من أول صفر إلى اليمين و لغاية النقطة .

نرفع العدد عشرة لقوةٍ تساوي عدد الخانات ابتداءً من الجهة اليمنى و لغاية النقطة .

نحافظ على الأعداد الغير صفرية (الأعلى من الصفر) حتى نُحافظ على الرقم كما هو.

1.7000 000 000

نبدأ العد من الجهة اليمنى و لغاية النقطة فنجد الأعداد التالية 7000 000 000 و عددها عشرة و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة العاشرة 10^{10}.

نضرب الرقم عشرة بعد أن رفعناه للقوة العاشرة بالعددين الغير صفريين و هما 1.7.

1.7×10^{10}

$1.7000\ 000\ 000=1.7\times10^{10}$

6.2000 000 0000

نبدأ العد من الجهة اليمنى و لغاية النقطة فنجد الأعداد التالية 2000 000 0000و عددها 12 و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الثانية عشرة 10^{12}.

نضرب الرقم عشرة بعد أن رفعناه للقوة الثانية عشرة بالعددين الغير صفريين و هما 6.2 .

6.2×10^{12}

$6.2000\ 000\ 0000=6.2\times10^{12}$

$7.44\ 000=7.44\times10^{5}$

نبدأ العد من الجهة اليمنى و لغاية النقطة فنجد الأعداد التالية 44 000و عددها 5 و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الخامسة 10^{5}.

نضرب الرقم عشرة بعد أن رفعناه للقوة الخامسة بالأعداد الغير صفرية الثلاثة 7.44.

$7.44\,000 = 7.44\times10^5$

2.660 000

نبدأ العد ابتداءً من الجهة اليمنى لغاية النقطة: لدينا ست أعداد أي ست خانات 660 000 و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة السادسة 10^6 ثم نضربها بالأعداد الثلاثة الغير صفرية أي 2.66

$2.660\,000 = 2.66\times10^6$

تمثيل الأرقام الصغرى على شكل قوة

بالنسبة للأرقام المتناهية الصغر أي الأرقام العشرية الطويلة فإننا نقوم بتمثيلها على الصورة التالية:

مثال :

قم بتمثيل الرقم العشري المتناهي الصغر على صورة قوة .

0.000 007

نبدأ بعد الخانات ابتداءً من الجهة اليُمنى لغاية النقطة :

0.000 007

نرفع الرقم عشرة لقوةٍ تماثل عدد الخانات (عدد الأرقام) قبل الفاصلة .

كما ترون فإن لدينا قبل الفاصلة ابتداءً من الجهة اليمنى ست خانات و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة السادسة .

و لكن انتبه بما أن هذا الرقم هو رقمٌ عشري متناهي الصغر فإننا نرفعه إلى قوةٍ سلبية و ليس لقوةٍ إيجابية و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة السلبية السادسة :

10^{-6}

نضرب الرقم عشرة المرفوع للقوة السلبية السادسة بالعدد الغير صفري أي العدد 7 :

$0.000\,007 = 10^{-6}\times7$

0. 00088

نرفع الرقم عشرة لقوةٍ تماثل عدد الخانات (عدد الأرقام) قبل الفاصلة .

كما ترون فإن لدينا قبل الفاصلة ابتداءً من الجهة اليمنى خمس خانات و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة الخامسة .

و لكن انتبه بما أن هذا الرقم هو رقمٌ عشري متناهي الصغر فإننا نرفعه إلى قوةٍ سلبية و ليس لقوةٍ إيجابية و لذلك فإننا نرفع الرقم عشرة للقوة السلبية الخامسة :

10^{-5}

نضرب الرقم عشرة المرفوع للقوة السلبية الخامسة بالعددين الغير صفريين أي العددين 8و8 :

$0.00088 = 10^{-5}\times88$

تم بعون الله تعالى

الفيزياء خطوة بخطوة

د.عمار شرقية